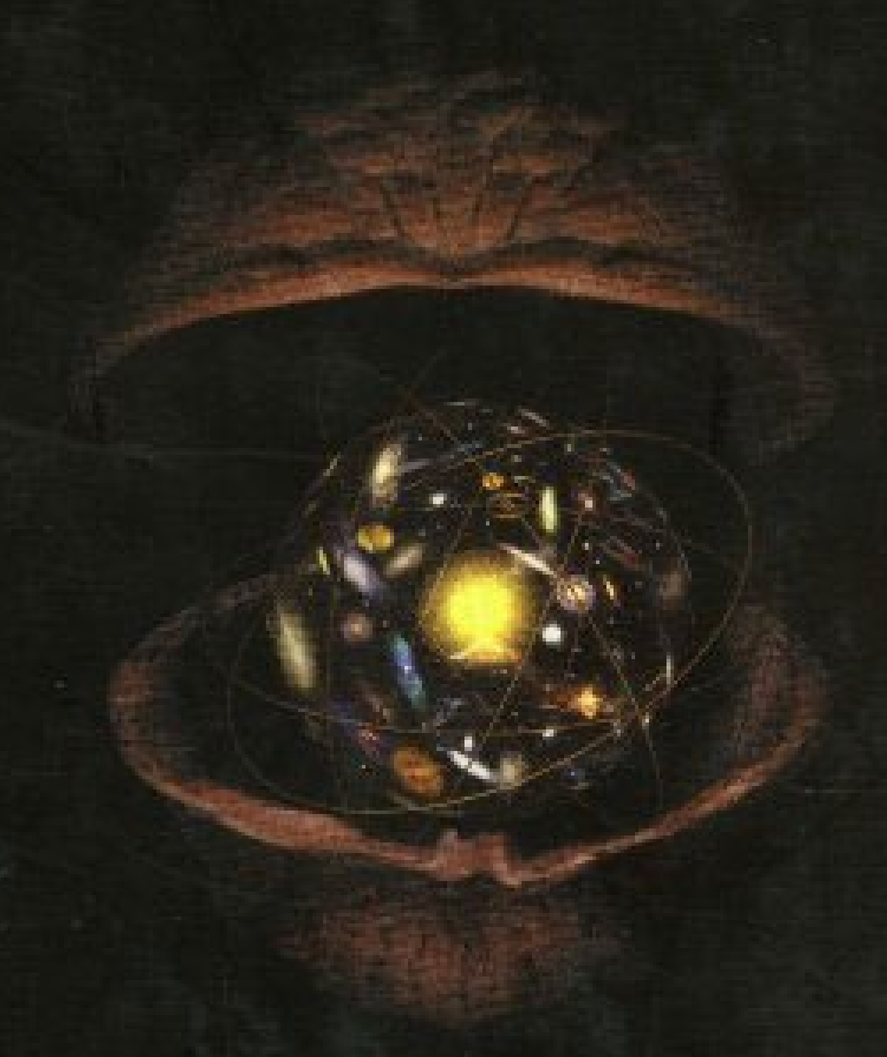
STEPHEN HAWKING

# CEVİZ KABUĞUNDAKİ EVREN



ALFA

# Ceviz Kabuğundaki Evren

# Stephen Hawking

Çeviri: Kemal Çömlekçioğlu
Alfa Yayınları
1. Baskı Haziran 2002
ISBN: 975-297-105-9

(ARKA KAPAK)

Zamanın Kısa Tarihi Hakkında Söylenenler

"Canlı ve kışkırtıcı... Hawking'in bir öğretmene özgü doğal yetenekler olan kaliteli bir espri anlayışı ve karmaşık önermeleri günlük yaşamdan çekip aldığı analojilerle resmetme becerisine sahip olduğu açık."

**The New YorkTimes**

"Bu kitap, bir çocuğun merakıyla bir dahinin zekasının uyumlu bir birlikteliği. Hawking'in evreninde dolaşırken zekasına hayran kalıyorsunuz."

**The Sunday Times(Londra)**

"Etkileyici ve kolay anlaşılır... Sıradan bir okurun dahi bilimin derinliklerini kaynağından öğrenmesine olanak sağlıyor. Pırıl pırıl parlayan bir kitap."

**The New Yorker**

"Stephen hawking duru anlatımın ustası olduğunu kanıtlıyor. Yaşayan başka birinin, böylesine ürkütücü görünen matematiksel konuları bu denli açık ve kolay anlaşılır biçimde dile getirebileceğine inanmak güç."

**Chicago Tribune**

**İçindekiler**

**Önsöz**

**Bölüm 1**

Göreliliğin Kısa Tarihi

*Einstein'ın, 20. yüzyılın temel iki kuramını,*

*Genel Görelilik ve Kuantum Mekaniğini ortaya koyuşu.*

**Bölüm 2**

Zamanın Şekli

*Einstein'ın Genel göreliliği zamana bir şekil verir.*

*Genel Görelilik Kuramının Kuantum Kuramıyla bağdaştırılması*

**BÖLÜM 3**

Ceviz Kabuğundaki Evren

*Evrenin, her biri küçük bir cevizle belirlenen,*

*birden fazla geçmişi vardır.*

**BÖLÜM 4**

Geleceğin Öngörülmesi

*Bilgilerin kara deliklerde kaybolmasının,*

*öngörü yeteneğimize etkileri.*

**BÖLÜM 5**

Geçmişin Korunması

Zaman yolculuğu mümkün mü?

*Gelişmiş bir uygarlık, geriye dönüp geçmişi değiştirebilir mi?*

**BÖLÜM 6**

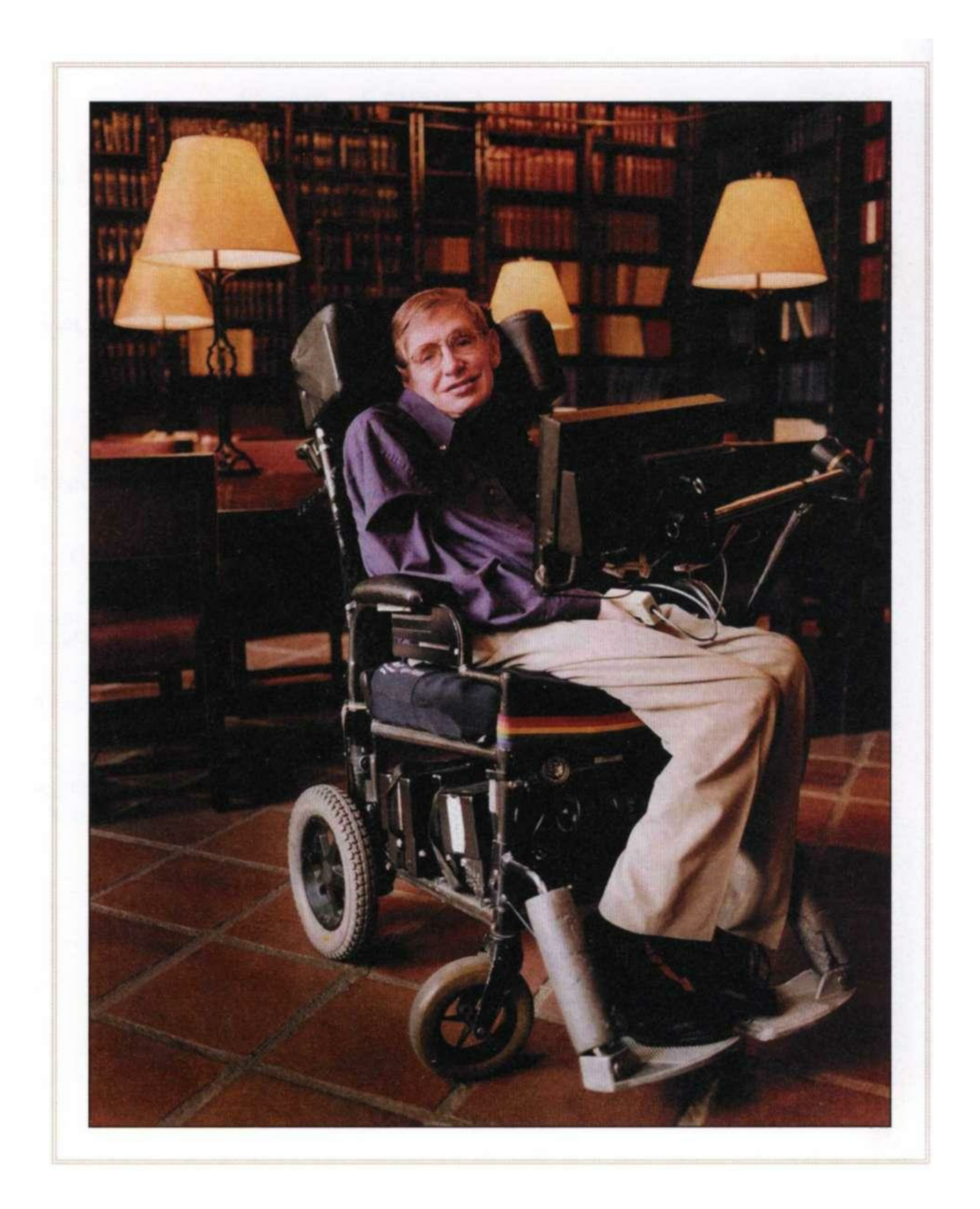
Geleceğimiz Nedir? Uzay Yolu mu, Yoksa Değil mi?

*Biyolojik ve elektronik yaşamın sürekli artan*

*bir hızla karmaşıklaşmaya devam etmesi.*

*Bir zar üstünde mi yaşıyoruz,*

*yoksa sadece birer hologram mıyız?*



*2001'de Stephen Hawking*




Zamanın Kısa Tarihi (A Brief History of Time) adlı sevilen kitabımın böyle bir başarı kazanmasını beklemiyordum. Kitabım uzun süre, Londra'da yayınlanan Sunday Times gazetesinin çok satanlar listesinde dört yıldan fazla kaldı. O zamana kadar hiçbir kitap, bu listede bu kadar uzun bir süre kalmamıştı; üstelik bu, kolay anlaşılmayan, bilimsel bir kitap için oldukça dikkat çekici bir durumdu. Bunun üzerine okurlar, bir devam kitabını ne zaman yazacağımı sorar oldu. Buna ayak diredim, çünkü Kısa Tarihin Oğlu veya Zamanın Biraz Daha Uzun Tarihi gibi bir kitap yazmak istemiyordum, üstelik yoğun araştırmalar yapıyordum. Ancak sonunda, anlaşılması daha kolay, farklı türde bir kitaba ihtiyaç duyulduğuna inandım. Zamanın Kısa Tarihi doğrusal yapıya sadıktı. Çoğu bölüm mantıksal bir bağlantı içinde, kendinden önceki bölümleri izliyordu. Bu, bazı okuyucuların ilgisini çekti, ancak diğerleri baştaki bölümlere takılıp kaldı ve ilerideki, daha çekici bilgilere asla ulaşamadı. Buna karşın, bu kitap daha çok bir ağaca benziyor: Bölüm 1 ve 2, diğer bölümlerin dallandığı merkezi bir gövdeyi meydana getiriyor.

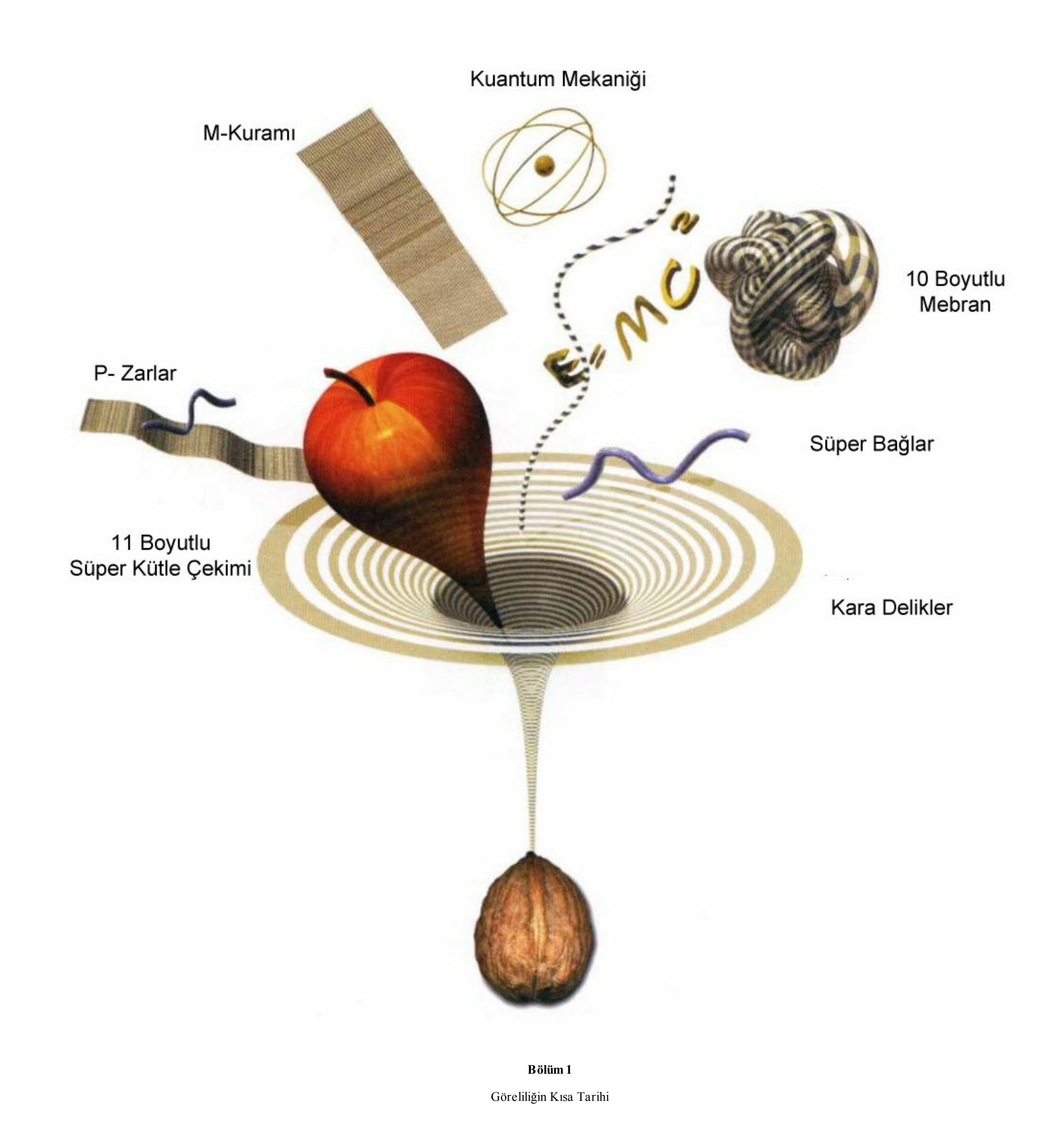
Dallar birbirinden oldukça bağımsız ve merkezi gövdenin ardından, herhangi bir sıra ile ele alınabilir. Bunlar, Zamanın Kısa Tarihi adlı kitabımın yayınlanmasından beri üzerinde çalıştığım veya düşündüğüm alanlara karşılık geliyor. Böylece, yeni araştırmanın en etkin alanlarının tanımı oluyor. Ayrıca, her bir bölüm içerisinde de doğrusal, tek bir yapıdan kaçınmaya çalıştım. Şekiller ve başlıklar, 1996 da yayınlanan The Illuslrated Brief History of Time adlı kitabımda da olduğu gibi, metne alternatif bir yol sağlıyor, metin kutuları da, belirli konuları, ana metinde mümkün olduğundan daha ayrıntılı şekilde inceleme olanağı tanıyor.

Zamanın Kısa Tarihi 1988'de ilk kez yayınlandığında, sonunu getirecek Her Şeyin Kuramı (Theory of Everything)da ufuktaymış gibi görünüyordu. Durum o zamandan beri ne şekilde değişti? Amacımıza yaklaştık mı? Bu kitapta da açıklayacağımız gibi, o zamandan beri uzun bir yol kat ettik. Ancak yolculuk hâlâ devam ediyor ve sonu da henüz görünmüş değil. Ne demiş eskiler; umut fakirin ekmeği. Keşif arayışımız, yaratıcılığımızı sadece bilim alanında değil, bütün alanlarda besliyor. Eğer sona varmış olsaydık; insan ruhu tükenip ölürdü. Ancak, hiçbir zaman yerimizde sayacağımızı düşünmüyorum, derinliğimiz olmasa bile, karmaşıklığımız artacak ve derinleşmese de ayrıca genişleyen bir olasılıklar ufkunun her zaman merkezi olacağız.

Yapılan buluşlar ve ortaya çıkan gerçek karşısında duyduğum heyecanı sizinle paylaşmak istiyorum. Konuların ardışıklığını sağlamak için, kendi çalıştığım alanlarda yoğunlaştım. Bu çalışmanın ayrıntıları oldukça teknik içeriklidir; ancak geniş kapsamlı fikirlerin, matematiksel bir sürü terim kullanılmadan da anlatılabileceğine inanıyorum. Umarım başarılı olmuşumdur.

Bu kitapla ilgili birçok yardım aldım. Şekiller, başlıklar ve metin kutularındaki yardımları için özellikle; Thomas Hertog ve Neel Shearer'dan, el yazmalarını (daha doğrusu, yazdığım her şey elektronik olduğu için, bilgisayar dosyalarını) düzenleyen Ann Harris ve Kitty Ferguson'dan, resimleri yapan Book Laboratory firmasından Philip Dunn ve Moonrunner Design firmasından söz etmeden geçemem. Ancak bunun ötesinde, oldukça normal bir hayat sürmemde ve bilimsel araştırmalara devam etmemde yardımcı olan herkese teşekkür etmek istiyorum. Onlar olmasa bu kitap yazılamazdı.

***Stephen Hawking Cambridge, 2 Mayıs, 2001.***




**Bölüm 1**

Göreliliğin Kısa Tarihi

*Einstein'ın, 20. yüzyılın temel iki kuramını,*

*Genel Görelilik ve Kuantum Mekaniğini ortaya koyuşu.*

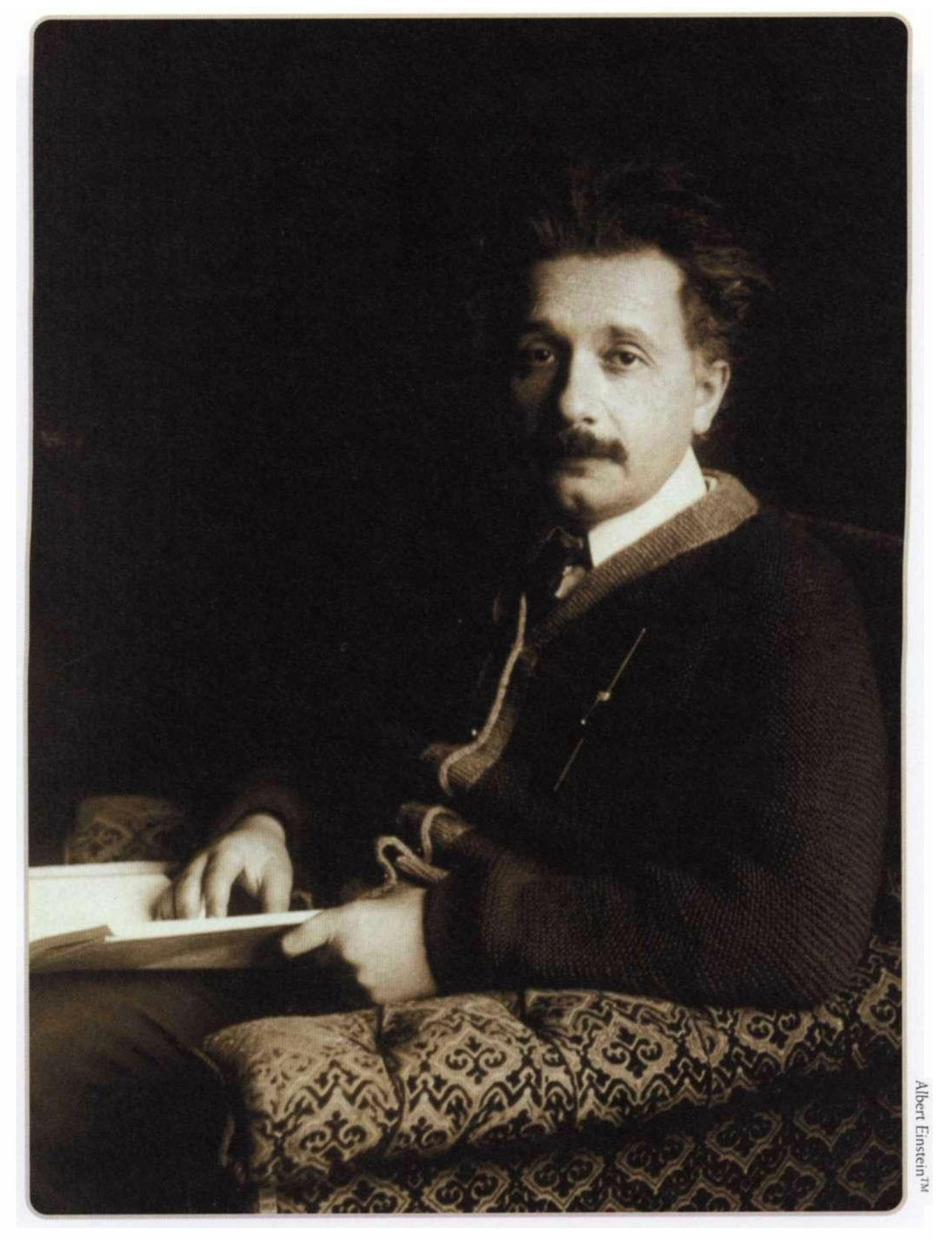



Özel ve genel görelilik kuramlarının kaşifi Albert Einstein 1879'da Almanya'nın Ulm kentinde doğdu. Ertesi yıl ailesi, babası Hermann ile amcası Jakob'ın küçük ve oldukça başarısız bir elektronik iş kurduğu Münih'e taşındı. Albert çocukken, bir dahi değildi ama; okuldaki başarısızlığı hakkındaki iddialar da abartılı gibidir. 1894 te babasının işi battı ve aile Milano'ya taşındı. Ebeveynleri, okulunu bitirmesi için geride kalmasına karar vermişti, ancak o, okulun katı disiplinine alışamadı ve birkaç ay sonra, İtalya'daki ailesine katılmak üzere okulunu bıraktı. 1900'de, ETH olarak bilinen, prestij sahibi Federal Polytechnical School'dan mezun olarak, eğitimini Zürih'te tamamladı. Tartışmacı yapısı ve otoriteden hoşlanmaması, onu ETH'deki profesörlere sevdirtmedi ve hiçbiri ona akademik bir kariyerin normal yolu olan asistanlığı teklif etmedi Nihayet, iki yıl sonra, Bern'deki İsviçre patent bürosunun alt kademesinden bir görev elde edebildi. Bu işte iken, 1905'te, onu dünyanın önde gelen bilim adamlarından biri kabul ettiren ve kavramsal iki devrimi - zaman, uzay ve gerçeğin kendisini anlayışımızı değiştiren devrimleri - başlatan üç makale yazdı.

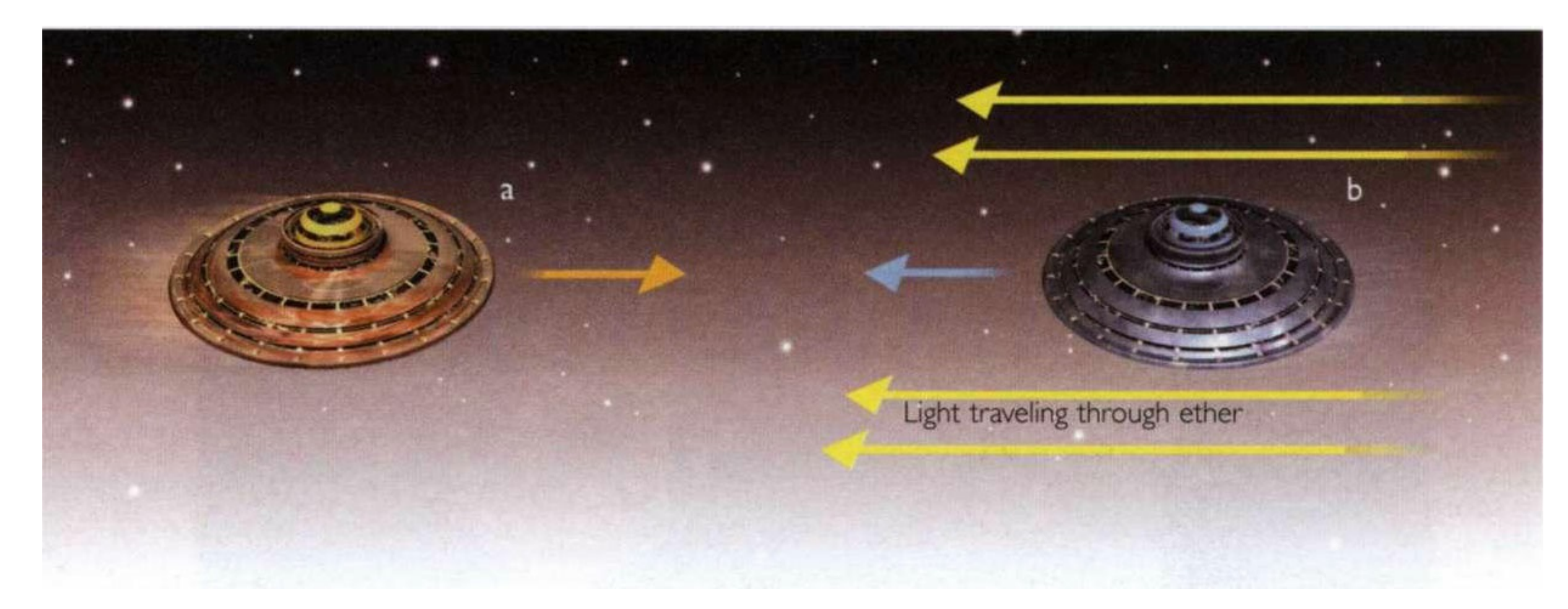
Bilim adamları, On dokuzuncu Yüzyıl'ın başlarına doğru, evrenin tam bir tanımına yaklaştıklarına inanıyorlardı. Uzayın, "esir" (ether) adlı, sürekli bir ortam ile dolu olduğunu düşünüyorlardı. Işık ışınları ve radyo sinyalleri, tıpkı sesin havadaki basınç dalgaları gibi, bu esirdeki dalgalardı. Tam bir kuram için gerekli tek şey, esirin esnek özelliklerinin dikkatli biçimde ölçülmesiydi. Harvard Üniversitesi'ndeki Jefferson Laboratuarı bu tür ölçümler gerçekleştirileceği umularak hassas, manyetik ölçümleri etkilememesi için, bütünüyle demir çivi kullanılmaksızın inşa edilmişti. Ne var ki; planlayıcılar, laboratuarın ve Harvard Üniversitesi'nin büyük kısmının yapımında kullanılan kızıl



kahverengi tuğlaların, büyük miktarda demir içerdiğini hesaba katmamıştı. Bu bina halen kullanımda, ancak Harvard, demir çiviler olmadan bir laboratuar döşemesinin ne kadar yük taşıyabileceğinden gene de emin değil.




1920'de Albert Einstein



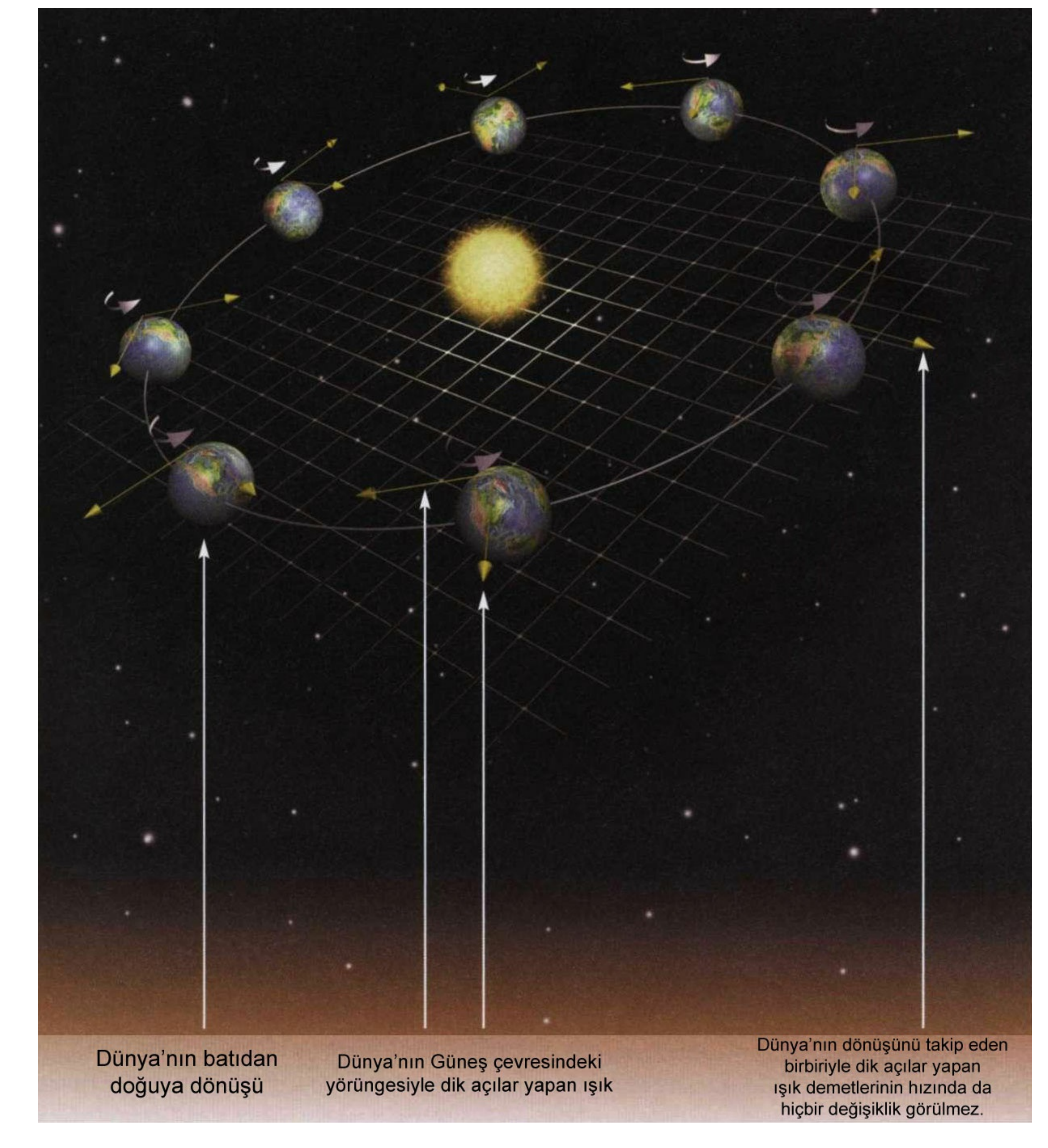

**Şekil 1.1 Sabit Esir Teorisi**

*Eğen ışık, esir adlı elastik bir nesne içinde bir dalga olsaydı; ışığın hızı, ona doğru giden bin uzay gemisindeki (a) bin kişiye göre daha yüksek ve ışıkla aynı yönde ilerleyen bir uzay gemisinde (b) ise daha düşük görünecekti.*

Yüzyılın sonuna doğru, her tarafı kaplayan esir düşüncesinde ayrılıklar belirmeye başladı. Işığın, esir içerisinde sabit bir hızla ilerleyeceği; ancak, esir içerisinde ışıkla aynı yönde ilerliyorsanız, hızının daha düşük görüneceği; ışığın aksi yönünde ilerliyorsanız, hızının daha yüksek görüneceği umuluyordu. (Şekil 1.1).

Gene de, bir dizi deney, bu görüşü desteklemeyi başaramadı. Bu deneylerin en dikkatli yapılanı ve en doğrusu, Ohio Cleveland Case School of Applied Science (Uygulamalı Bilim Okulu)'dan Albert Michelson ve Edward Morley tarafından 1887de gerçekleştirildi. Onlar, birbiriyle dik açı yapan iki ışık demetinin hızlarını karşılaştırdılar. Dünya hem, kendi ekseni çevresinde hem de güneş çevresindeki yörüngesinde döndüğü için, bu düzenek esir içerisinde değişen hız ve yönlerde ilerler (Şekil 1.2). Ancak Michelson ve Morley iki ışık demeti arasında, günlük veya yıllık, hiçbir fark bulmadı. Işık, bir kişinin hızına ve hareket yönüne bağlı olmaksızın, her zaman göreli olarak kişinin bulunduğu yere doğru ilerliyormuş gibi görünüyordu ( Şekil 1.3).

İrlandalı fizikçi George FitzGerald ve Hollandalı fizikçi Hendrik Lorentz, Michelson-Morley deneyini esas alarak, esir içerisinde hareket eden kitlelerin büzüleceğini ve saatlerin yavaşlayacağını öne sürdü. Bu büzülme ve saatlerin yavaşlaması, kişiler esire göre ne yönde hareket ederse etsin, ışık için aynı hızı ölçecekleri varsayımıyla gerçekleşecekti. (FitzGerald ve Lorentz, esiri, hâlâ somut bir nesne olarak kabul ediyorlardı.)



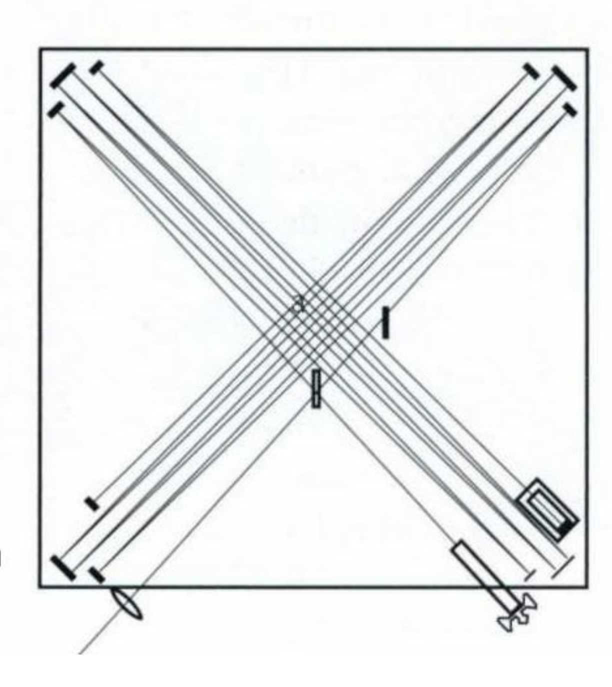

**Şekil 1.2**

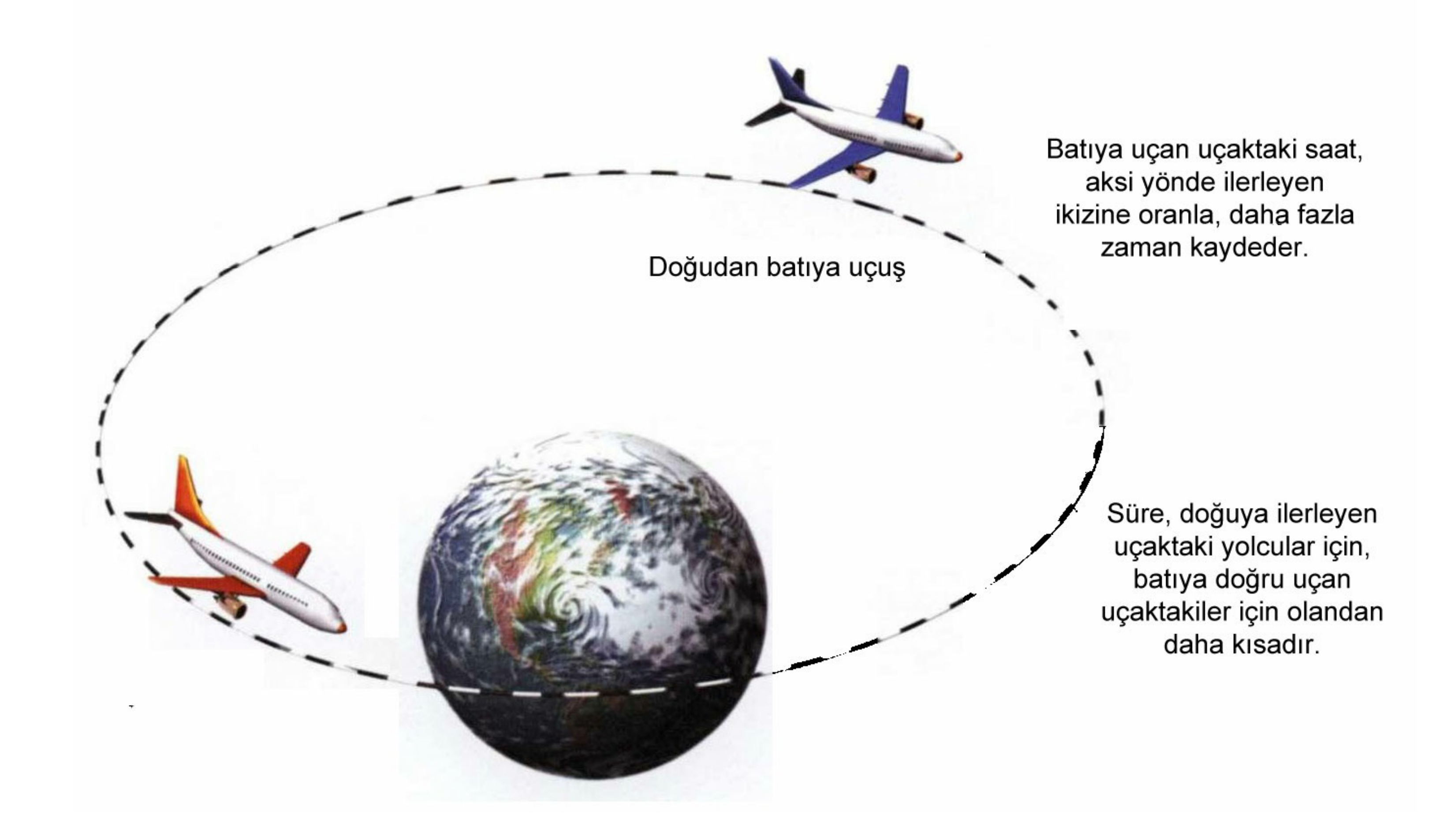
*Dünyanın yörüngesi yönündeki ve onunla dik açılar yapan bir yöndeki ışık hızı arasında hiçbir fark bulunmamıştır.*

ŞEKİL 1.3 Işık Hızının Ölçümü

Michelson-Morley girişimölçer cihazında; bir kaynaktan gelen ışık yarı geçirgen bir ayna ile iki demete ayrılır. Bu iki ışık demeti, birbiriyle dik açılar yaparak ilerler ve sonra, yan geçirgen aynaya tekrar çarparak tek bir demet halinde birleşir. İki yönde ilerleyen ışığın hızındaki bir fark, bir demetteki dalga tepelerinin diğer demetteki dalga çukurları ile aynı anda varması ve onları dışlaması anlamına gelmektedir.

Sağda: 1887'deki Scientific American dergisinde çıkan deney diyagramının yeniden oluşturulmuş hali.






**Şekil 1.4**

*İkizler paradoksunun bir örneği (Şekil 1.5), dünya çevresinde, aksi yönlerde, doğru çalışan iki saat uçurularak deneysel olarak test edildi. Yeniden buluştuklarında, doğuya doğru uçurulan saat, biraz daha kısa bir süre kaydetmişti.*

Bununla birlikte, Einstein, 1905 Haziran'ındaki bir makalesinde; bir kişinin uzayda hareket edip etmediğini belirleyememesi durumunda, esir görüşünün gereksiz olduğunu ileri sürdü. Bu görüş yerine, bilim kanunlarının, serbest biçimde hareket eden bütün gözlemcilere aynı şekilde görünmesi gerektiği varsayımından yola çıktı. Ne kadar hızlı hareket ederse etsin, hepsi ışık hızını aynı değerde ölçmeliydi. Işığın hızı, hareketlerinden bağımsız ve bütün yönlerde aynıydı.

Bu da bütün saatlerin ölçtüğü, zaman adlı evrensel bir niceliğin varolduğu inancının terk edilmesi demekti. Bunun yerine, herkesin kendi kişisel zamanı olacaktı. İki kişinin zamanı birbirlerine göre durağan olduklarında uyuşacak, hareket ederlerse uyuşmayacaktı.

İddianın geçerliliği, aralarında doğru çalışan iki saatin dünya çevresinde ters yönlerde uçurulduğu ve çok az farklılık gösteren zamanlar göstererek geri döndüğü bir deney de olmak üzere, bir dizi deneyle kanıtlandı (Şekil 1.4). Bu durumdan bir kişinin daha uzun yaşaması için, uçağın, hızının dünyanın dönüşüne eklenecek biçimde sürekli doğuya uçması gerektiği sonucu çıkabiliyordu. Bununla birlikte, sözkonusu kişinin kazanacağı saniyenin küçük bir kesri, havayolu yemeklerini yiyerek kaybedeceğinden daha fazla olmayacaktır.



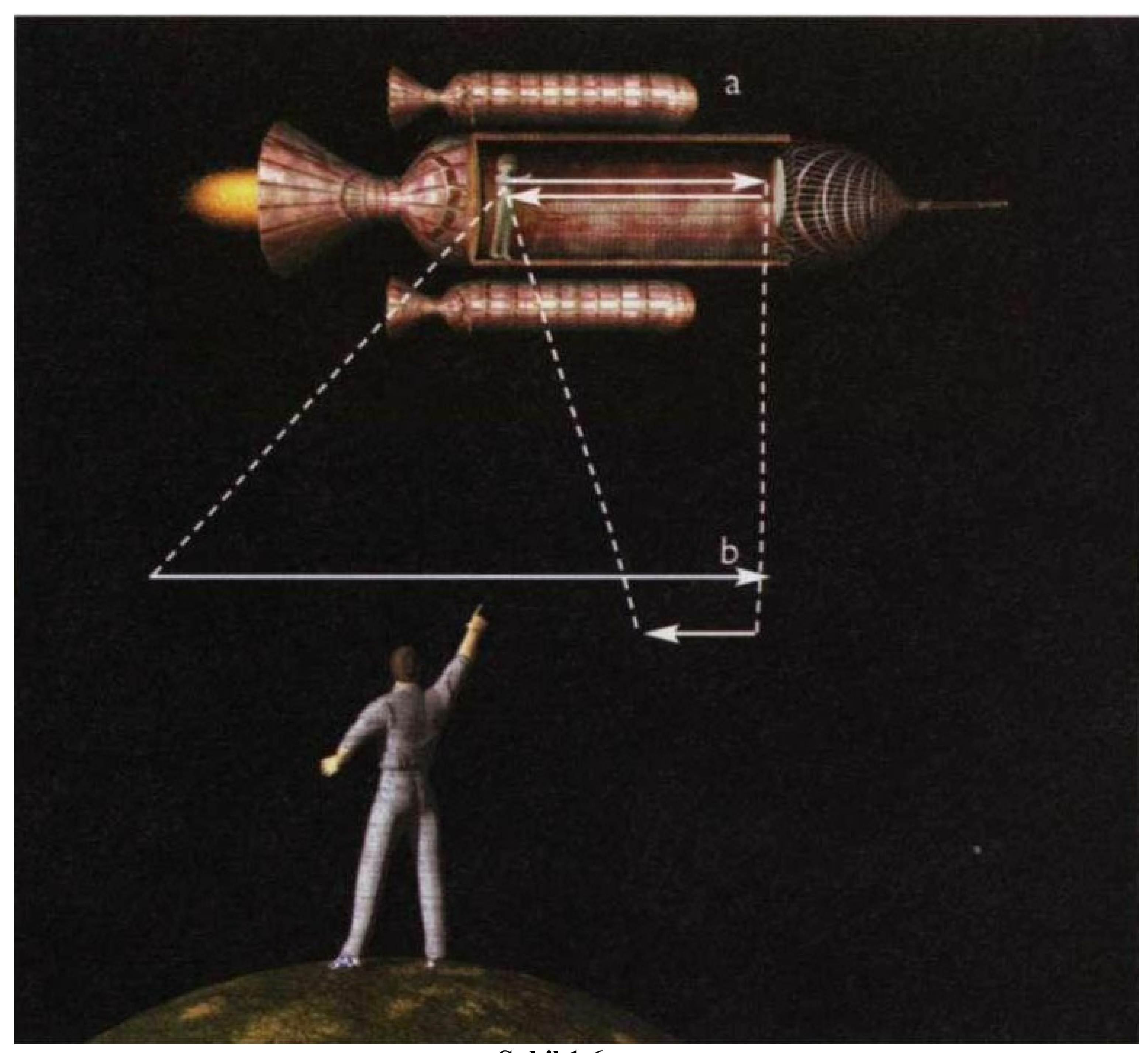

**Şekil 1.5 İkizler Paradoksu**

*Görelilik kuramında, her gözlemcinin kendi zaman ölçüsü vardır. Bu da ikizler paradoksuna yol açabilir.*

*İkizlerden biri (a). ışık hızına (c) yakın bir hızda ilerlediği bir uzay yolculuğuna çıkarken, ikizi (b) dünyada kalır.*

*Zaman, (a)'nın hareketi nedeniyle. dünyada kalan ikizin algıladığından daha yavaş ilerler. Böylece uzay yolcusu (a2) geri döndüğünde, ikizinin (b2) kendisinden daha fazla yaşlandığını görecektir.*

*Her ne kadar genel mantığa aykırı gönünse de, bir dizi deney, yolculuğa çıkan ikizin gerçekte gençleşeceğini ima etmektedir.*



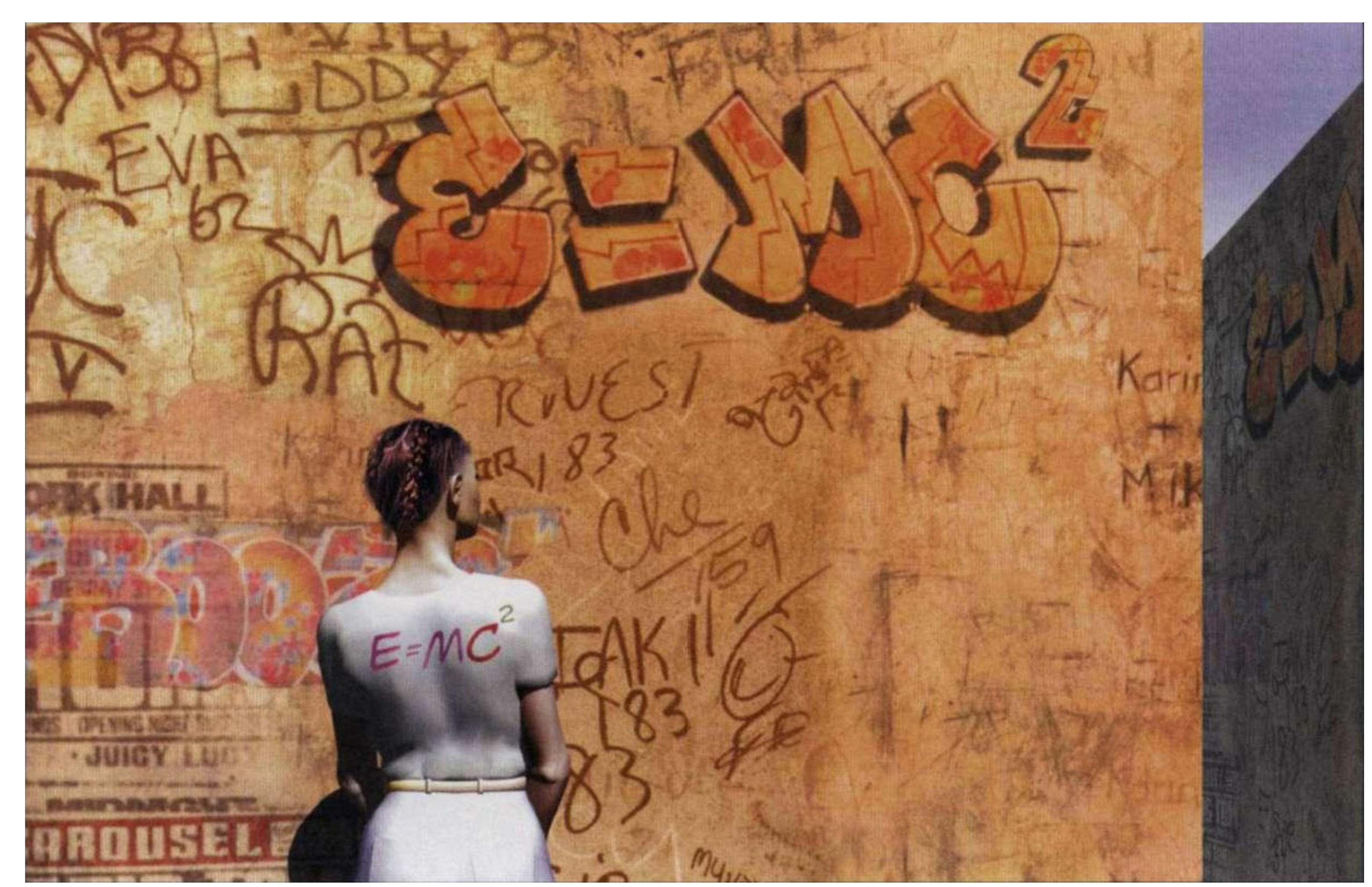

**Şekil 1.6**

*Bir uzay gemisi, ışığın beşte dört hızıyla Dünya'nın sol tarafından sağ yanına geçiyor. Bir ışık demeti, kabının bir ucundan gönderiliyor ve diğer ucunda da yansıtılıyor (a).*

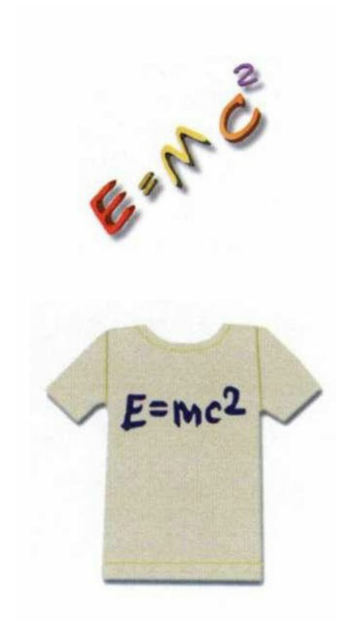
*Işık, Dünya'daki ve uzay gemisindeki insanlar tarafından gözlemleniyor. Uzay gemisinin hareketi nedeniyle, ışığın geri yansıtılması sırasında kat ettiği mesafe (b) konusunda aynı düşünceyi paylaşamayacakları görülecektir.*

*Bu nedenle, ayrıca ışığın söz konusu mesafeyi kat etme süresi konusunda da farklı düşüncelere sanıp olmalıdırlar; çünkü ışık hızı, Einstein'ın benimsediği görüşe göre, serbest hareket eden bütün gözlemciler için aynıdır.*

Einstein'ın, doğa kanunlarının serbest hareket eden bütün gözlemciler için aynı olacağı hakkındaki varsayımı, görelilik kuramının temeliydi,- söz konusu kuramın bu şekilde adlandırılmasının sebebi ise, sadece göreli hareketin önemli olduğunu ima etmesiydi. Bu kuramın güzelliği ve yalınlığı, birçok düşünürü ikna etti, ancak birçok itiraz da oldu. Einstein, On dokuzuncu Yüzyıl biliminin iki mutlak kavramını yıkmıştı: esirin gösterdiği mutlak durağanlık ve bütün saatlerin ölçeceği mutlak veya evrensel zaman. Birçok kişi, bunu rahatsız edici buldu. "Her şeyin göreli oluşu, mutlak, manevi hiçbir standardın olmadığını mı ima ediyor?" sorusunu sordular. Bu rahatsızlık, 1920'ler ve 1930'lar boyunca sürdü. 1921de Einstein'a, verilen Nobel Ödülü, 1905'te gerçekleştirdiği önemli ancak (standardına göre) görece daha küçük çalışması içindi. Fazla tartışmalı olduğu düşünülen görelilikten söz edilmemişti bile. (Hâlâ, haftada bir veya iki defa, Einstein'ın hatalı olduğunu yazan mektuplar alıyorum.) Yine de, görelilik kuramı, bilim toplumu tarafından artık kesinlikle kabul edilmiş ve onun öngörüleri de sayısız uygulamayla doğrulanmıştır.




**Şekil 1.7**




Görelilikten çıkartılan çok önemli bir sonuç, kütle ile enerji arasındaki ilişkidir. Einstein'ın, ışık hızının herkes için aynı olması gerektiği varsayımı, hiçbir şeyin ışıktan daha hızlı hareket edemeyeceği anlamına çekilir. Kişi, ister bir parçacık, ister bir uzay gemisi olsun herhangi bir şeyi hızlandırmak için enerji harcadığında, o nesnenin kütlesi artar ve daha da fazla hızlandırılması güçleşir. Bir parçacığın ışık hızına çıkarılması, sonsuz miktarda enerji gerektireceği için imkansızdır. Kütle ve enerji, Einstein'ın ünlü $E = mc^2$ (Şekil 1.7) eşitliğinde de ifade ettiği gibi denktir. Olasıdır ki bu, sokaktaki adam tarafından bile anlaşılan, tek fiziksel eşitliktir. Bir uranyum atomu çekirdeğinin, toplam kütleleri biraz daha küçük iki çekirdek oluşturmak üzere parçalandığında, büyük bir enerjiyi serbest bırakacağının anlaşılması da, bu eşitliğin sonuçları arasında yer almaktadır (bakınız Şekil 1.8).

1939'da, başka bir dünya savaşının başlama olasılığı belirdiğinde, eşitlikteki gizli anlamları kavrayan bir grup bilimadamı, barışçı duygularını bir yana bırakması / terk etmesi ve ABD'nin bir nükleer araştırma programı başlatması ısrarıyla, Başkan Roosevelt'e gönderilecek bir mektuba imzasını eklemesi konusunda Einstein'ı ikna etti.



Bu, Manhattan Projesi'ne ve nihayet 1945'te Hiroşima ve Nagazaki'de patlayan bombalara giden yolu açacaktı. Bazıları, kütle ve enerji arasındaki ilişkiyi keşfettiği için, atom bombası konusunda Einstein'ı suçladı, ancak bu durum, yerçekimini keşfettiği için, uçakların düşmesinden dolayı Newton'u suçlamaya benzer. Einstein, Manhattan Projesi ne hiç katılmadı ve bombanın atılması üzerine dehşete kapıldı.

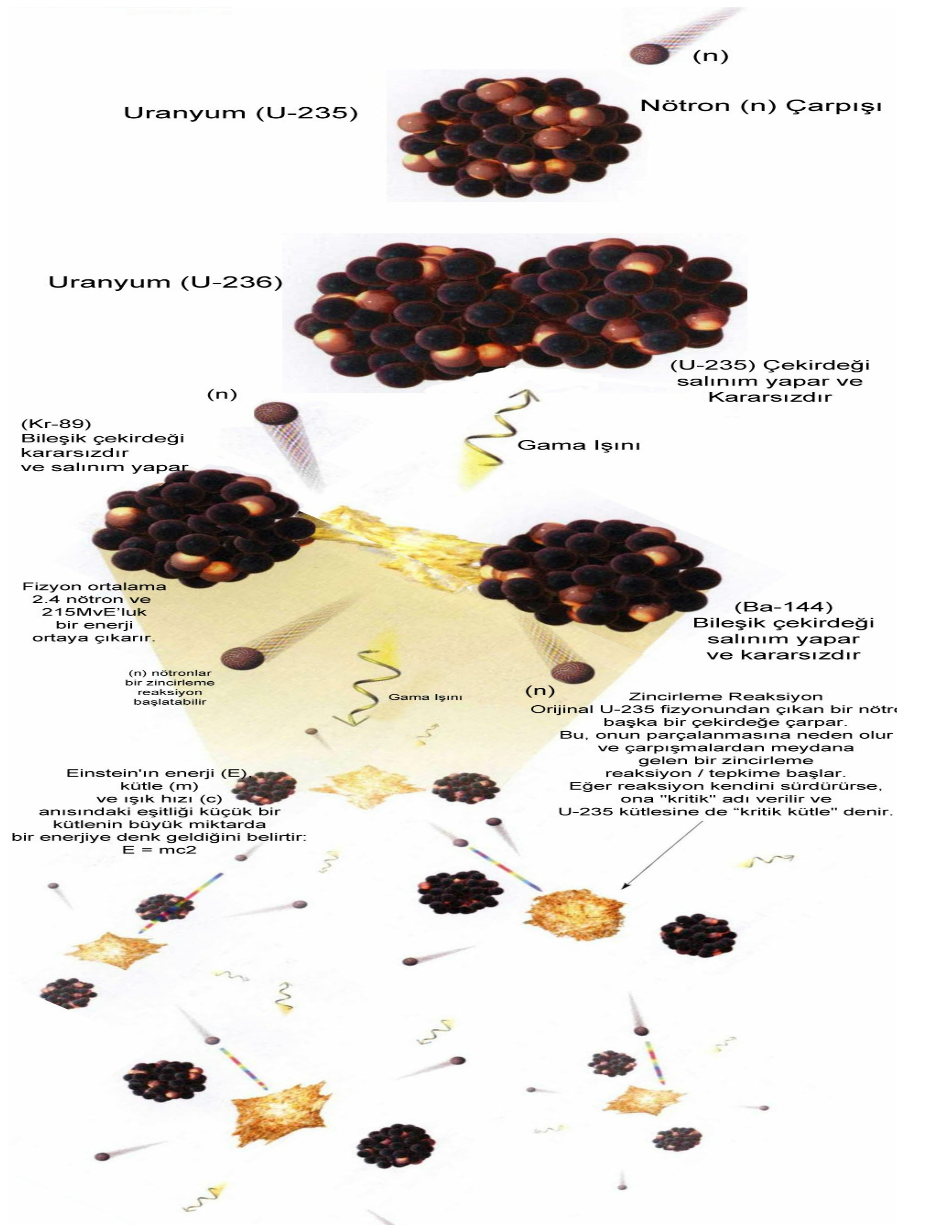
Einstein'ın bilimsel ünü 1905'teki sarsıcı makalelerinin ardından, kabul edildi. Ancak 1909'da Zürih Üniversitesi'nde bir mevkii teklif edilinceye kadar, İsviçre patent bürosundan ayrılamadı. İki yıl sonra Prag'daki Alman Üniversitesi ne gitti, ancak 1912'de gene Zürih'e, ancak bu kere ETH'ye geri döndü. Avrupa'nın büyük bölümünde, hatta üniversitelerde bile yaygın olan anti-Semitizm'e rağmen, o artık etkin bir akademi üyesiydi.



**Einstein’ın 1939'da Başkan Roosevelt’e Yolladığı Kehanet Mektubu**

*Son dört aylık gidişat içerisinde - Amerika’daki Fermi ve Szilard’ın olduğu kadar, Fransa’daki Joliot’un da çalışmaları sayesinde - çok miktarda uranyumda; büyük miktarda gücün ve radyum benzeri yeni elementlerin üretileceği, nükleer bir zincirleme reaksiyonun (tepkimenin) meydana getirilesi olasılığı mümkün kılınmıştır. Bunun yakın gelecekte gerçekleştirilmesine, neredeyse kesin gözüyle bakılmaktadır.*

*Söz konusu yeni olgu; ayrıca, bomba üretimini de sağlayabilir ve - her ne kadar daha az kesinlik taşısa da - son derece etkili, yeni tip bombaların bu şekilde üretilmesi olasıdır.”*


(n)
Uranyum (U-235)
Nötron (n) Çarpışı
Uranyum (U-236)
(U-235) Çekirdeği
salınım yapar ve
Kararsızdır
(n)
(Kr-89)
Bileşik çekirdeği
kararsızdır
ve salınım yapar
Gama Işını
Fizyon ortalama
2.4 nötron ve
215MvE'luk
bir enerji
ortaya çıkarır.
(Ba-144)
Bileşik çekirdeği
salınım yapar
ve kararsızdır
(n) nötronlar
bir zincirleme
reaksiyon
başlatabilir
Gama Işını
(n)
Zincirleme Reaksiyon
Orijinal U-235 fizyonundan çıkan bir nötr
başka bir çekirdeğe çarpar.
Bu, onun parçalanmasına neden olur
ve çarpışmalardan meydana
gelen bir zincirleme
reaksiyon / tepkime başlar.
Eğer reaksiyon kendini sürdürürse,
ona "kritik" adı verilir ve
U-235 kütlesine de "kritik kütle" denir.
Einstein'ın enerji (E),
kütle (m)
ve ışık hızı (c)
anısındaki eşitliği küçük bir
kütlenin büyük miktarda
bir enerjiye denk geldiğini belirtir:
E = mc2

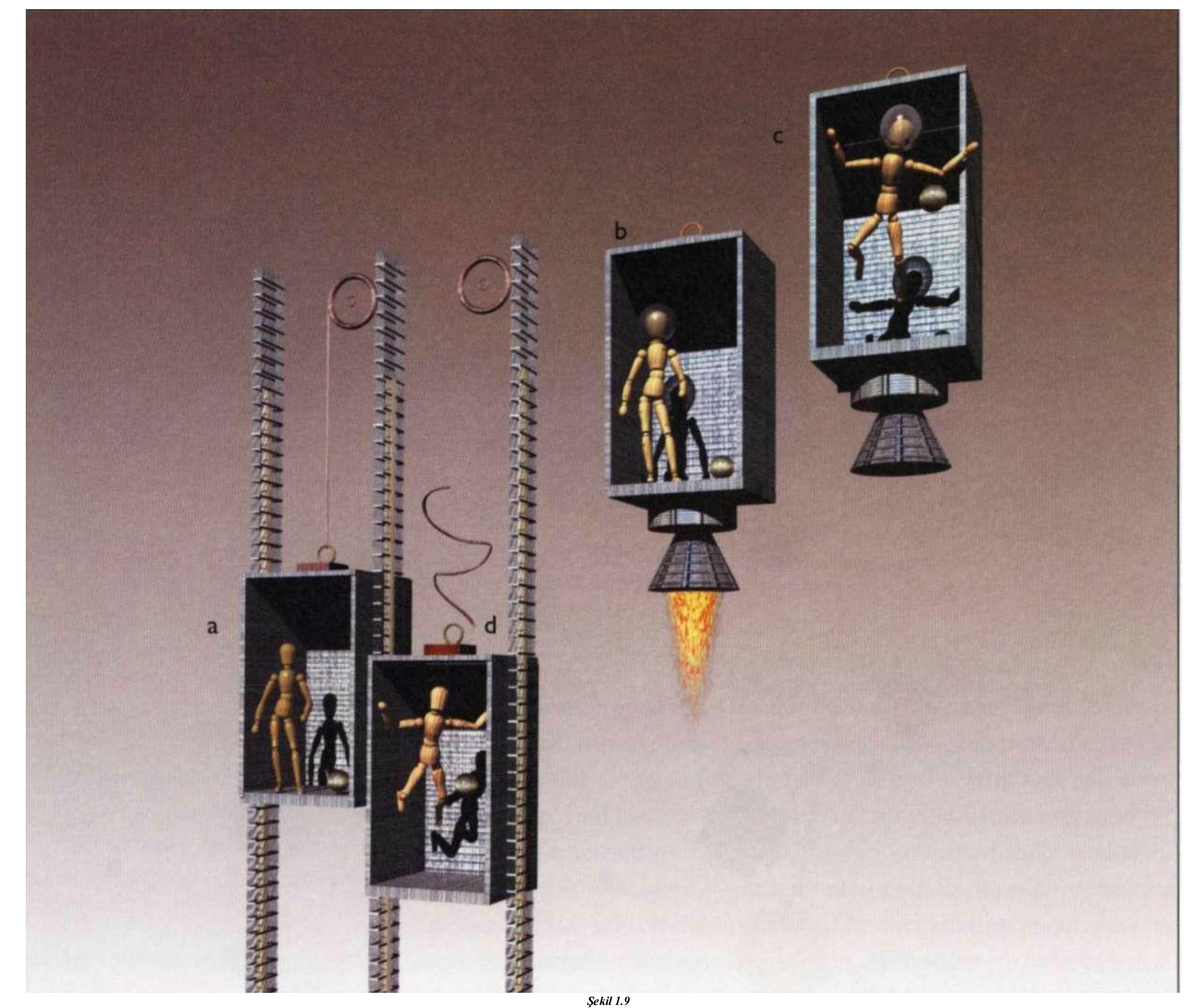
**Şekil 8.1 Nükleer Bağ Enerjisi**

*Çekirdekler, güçlü bir kuvvetle bir arada tutulan proton ve nötronlardan meydana gelir. Ancak çekirdeğin kütlesi, onu oluşturan bağımsız proton ve nötronların kütlelerinden her zaman daha ufaktır. Aradaki fark, çekirdeği bir arada tutan nükleer bağ enerjisinin ölçüsüdür. Söz konusu bağ enerjisi. Einstein'ın eşitliğinden hesaplanabilir. nükleer bağ enerjisi =* $\Delta mc^2$*, (burada* $\Delta m$*. çekirdeğin kütlesi ile bağımsız kütlelerin toplamı arasındaki farktır.)*

*İşte, bir nükleer aygıtın büyük patlama etkisini açığa çıkaran da bu potansiyel enerjidir.*

Viyana ve Utrecht'ten teklifler geldi, ancak Einstein, kendisini öğretim görevlerinden kurtardığı için, Berlin'deki Prusya Bilim Akademisi'nde araştırmacılığı tercih etti. Nisan 1914'te Berlin'e taşındı ve kısa bir süre sonra karısı ve iki oğlu da ona katıldı Bununla birlikte, bu evlilik bir süredir kötü bir yoldaydı ve ailesi kısa bir süre sonra Zürih'e geri döndü. Her ne kadar onları arada sırada ziyaret ettiyse de, sonunda karısı ile boşandı. Einstein daha sonra, Berlin'de yaşayan kuzeni Elsa ile evlendi. Savaş yıllarını bir ev kurmadan, bekâr olarak geçirmesi, belki de, bu dönemin onun için, bilimsel açıdan böylesine üretken olmasının önemli bir sebebidir.

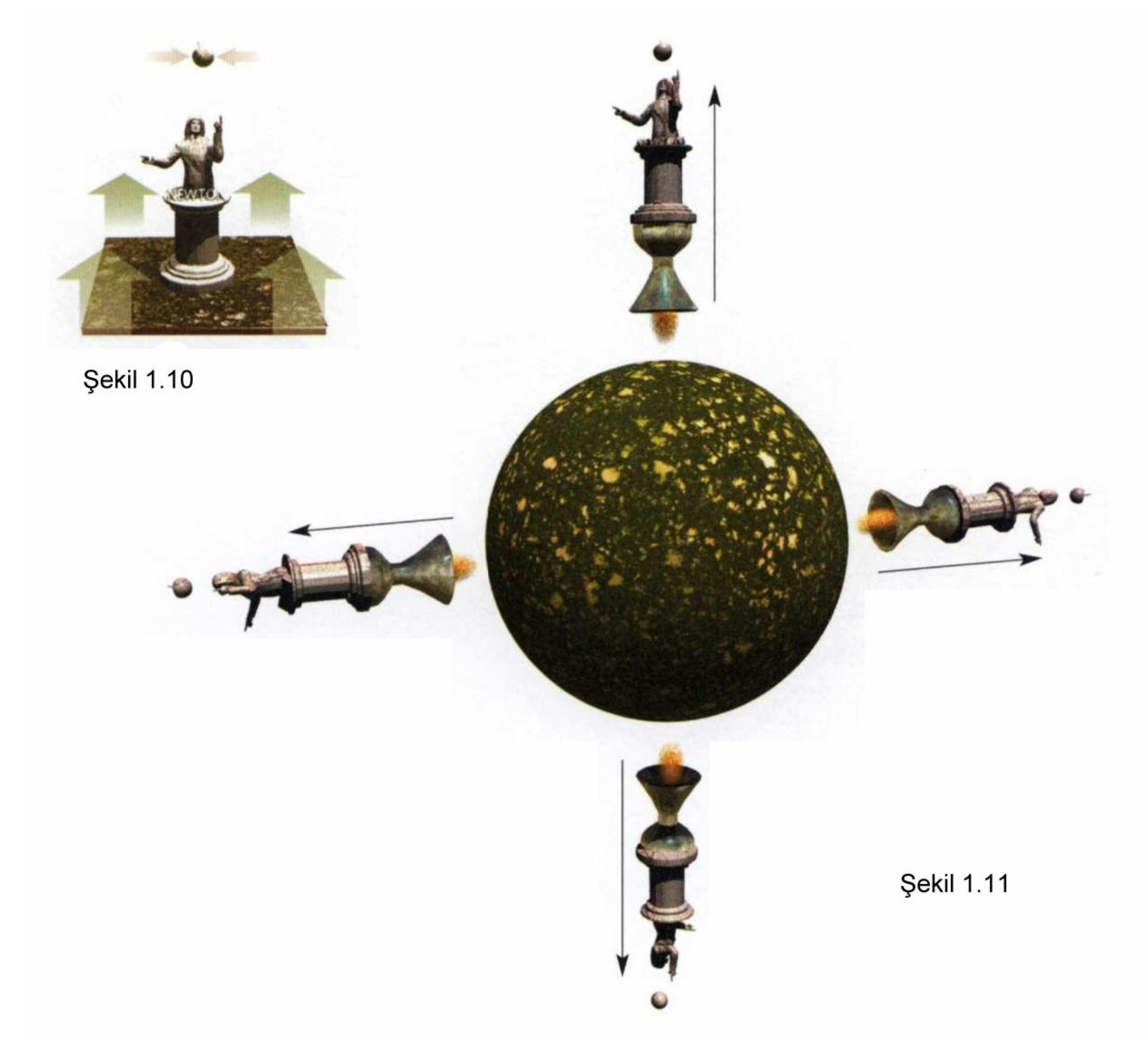
Her ne kadar görelilik kuramı, elektrik ve manyetizma kanunlarına uysa da, Newton'un kütle çekim kanununa uygun değildi. Bu kanun, uzayın bir bölgesinde maddenin dağılımı değiştirildiğinde, çekim alanının, evrenin diğer kısımlarında "hemen" hissedileceğine dayanıyordu. Bu, sadece ışıktan hızlı sinyaller yollanabileceği anlamını taşımıyordu (ki bu, görelilik tarafından yasaklanmıştı), "hemen" ifadesinin anlaşılması için, göreliliğin kişisel zaman ile ortadan kaldırdığı mutlak veya evrensel zamanın mevcut olmasını da gerektiriyordu.




***Şekil 1.9***

*Bir kutu içerisindeki bir gözlemci Dünya'daki durağan bir asansörde mi olduğunu (a), yoksa serbest uzayda bir roket tarafından ivme mi kazandırıldığını (b) ayırt edemez Eğer roketin motoru kapatılırsa (c), asansör, asansör boşluğundaki serbest düşüş hissini uyandırır (d).*

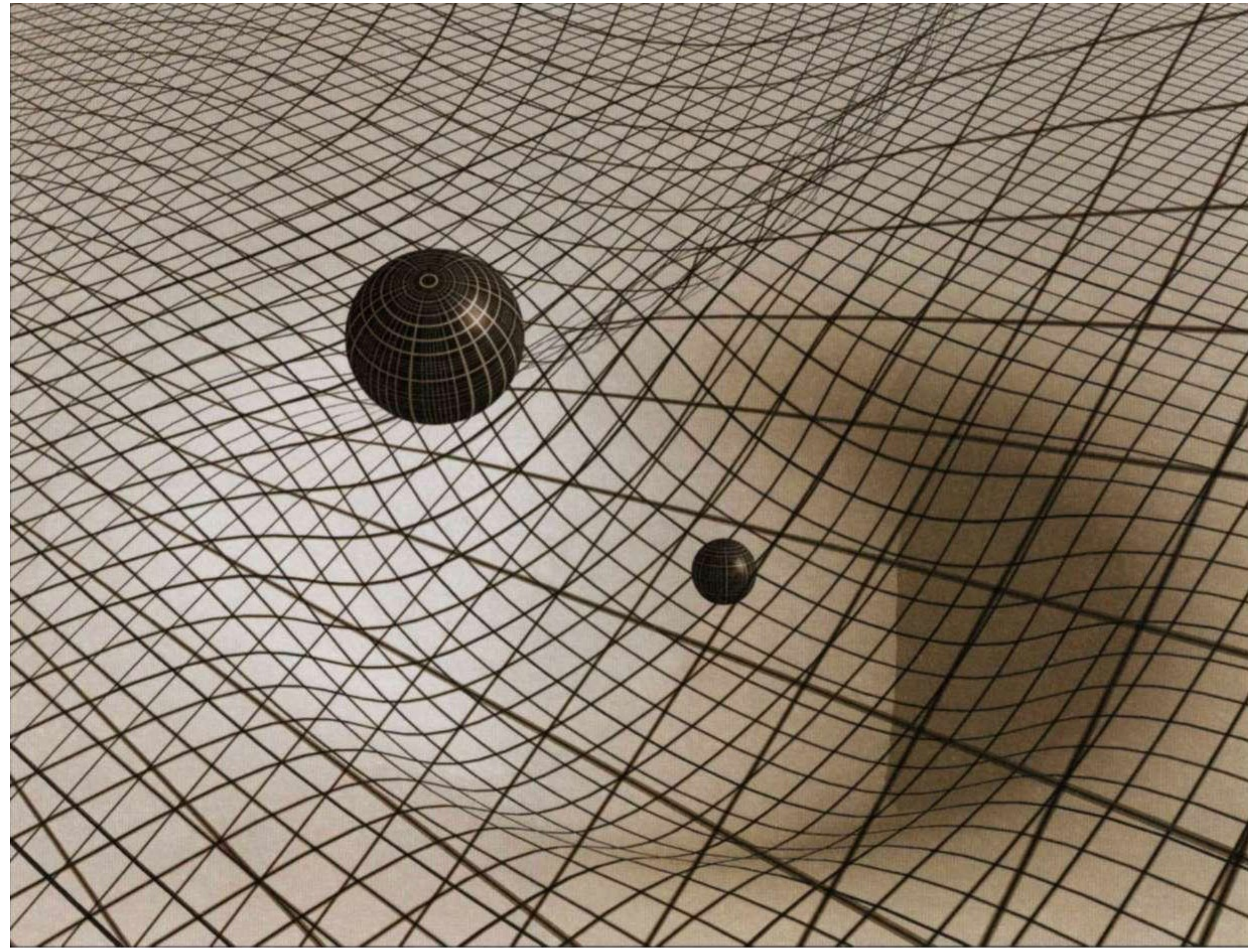
Einstein 1907'de hâlâ Bern'deki patent bürosundayken, bu güçlüğün bilincindeydi. Ancak, Prag'dayken 1911'de bu problem üzerinde ciddi bir şekilde düşünmeye başladı. İvme ile çekim alanı arasında güçlü / yoğun bir ilişki olduğunun farkına vardı. Asansör gibi, kapalı bir kutu içerisindeki bir kişi, kutunun Dünya'nın çekim alanında durağan mı olduğunu, yoksa serbest uzayda bir roketle ivme mi kazandığını ayırt edemez. (Bu, elbette ki Uzay Yolu çağından önceydi ve bu yüzden Einstein uzay gemisi değil, asansör içindeki insanları göz önünde tuttu.) Gerçekte, hiç kimse, facia yaşanmadan, bir asansör içerisinde uzun süre ivmelenemez veya serbest düşme yapamaz (Şekil 1.9).




*Dünya düz olsaydı (Şekil 1.10), elmanın, Newton'un başına, yerçekimi nedeniyle veya Newton ve Dünya yüzeyi yukarı doğru ivme kazandığı için düştüğü söylenebilirdi. Bu eşitlik küre şeklindeki bir Dünya'da geçerli değildi (Şekil 1.11), çünkü dünyanın zıt taraflarındaki kişiler birbirinden uzaklaşıyor olacaktı. Einstein, uzay ve zamanı bükerek bu güçlüğü yendi.*

Dünya düz olsaydı, elmanın, Newton'un başına, yerçekimi nedeniyle veya Newton ve Dünya yüzeyi yukarı doğru ivme kazandığı için düştüğüne eşit biçimde inanılabilirdi (Şekil 1.10). Gene de ivme ile yerçekimi arasındaki söz konusu eşitlik, yuvarlak bir Dünya için geçerliymiş gibi görünmüyordu. Çünkü, dünyanın zıt taraflarındaki kişilerin zıt yönlerde ivme kazanmaları ancak birbirinden sabit bir uzaklıkta kalmalarıyla mümkündü.

Einstein ancak 1912'de, Zürih'e döndüğünde, uzay-zaman geometrisinin düz değil eğri olduğunda ancak bu eşdeğerliğin geçerlik kazanacağını fark etmiştir.



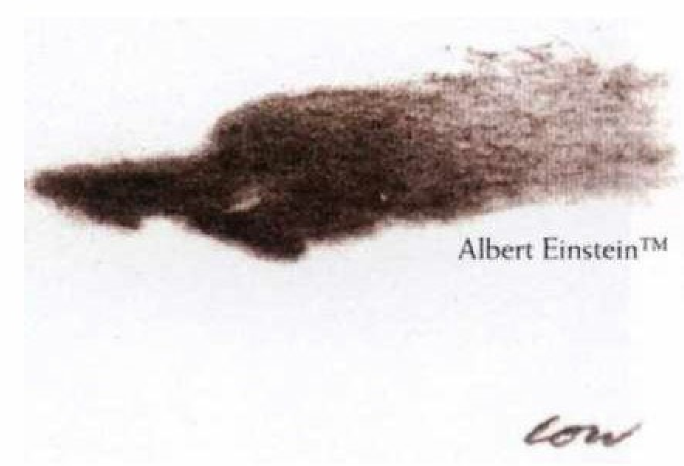
**Şekil 1.12 Uzay-Zaman Eğrileri**

*İvme ve yerçekimi ancak, büyük bir kütle; uzay-zamanı bükerek, yakın çevresindeki nesnelerin yollarını eğerse denk olabilir.*

Einstein kütle ve enerjinin, uzay-zamanı, belirlenmesi gereken bir şekilde bükeceğini düşünüyordu. Elma veya gezegen gibi nesneler, uzay-zamanı boyunca düz doğrular boyunca ilerlemeye çalışacaktı,- ancak, uzay-zamanı eğri olduğu için, yolları bir çekim alanı tarafından bükülmüş gibi görünecekti (Şekil 1.12).

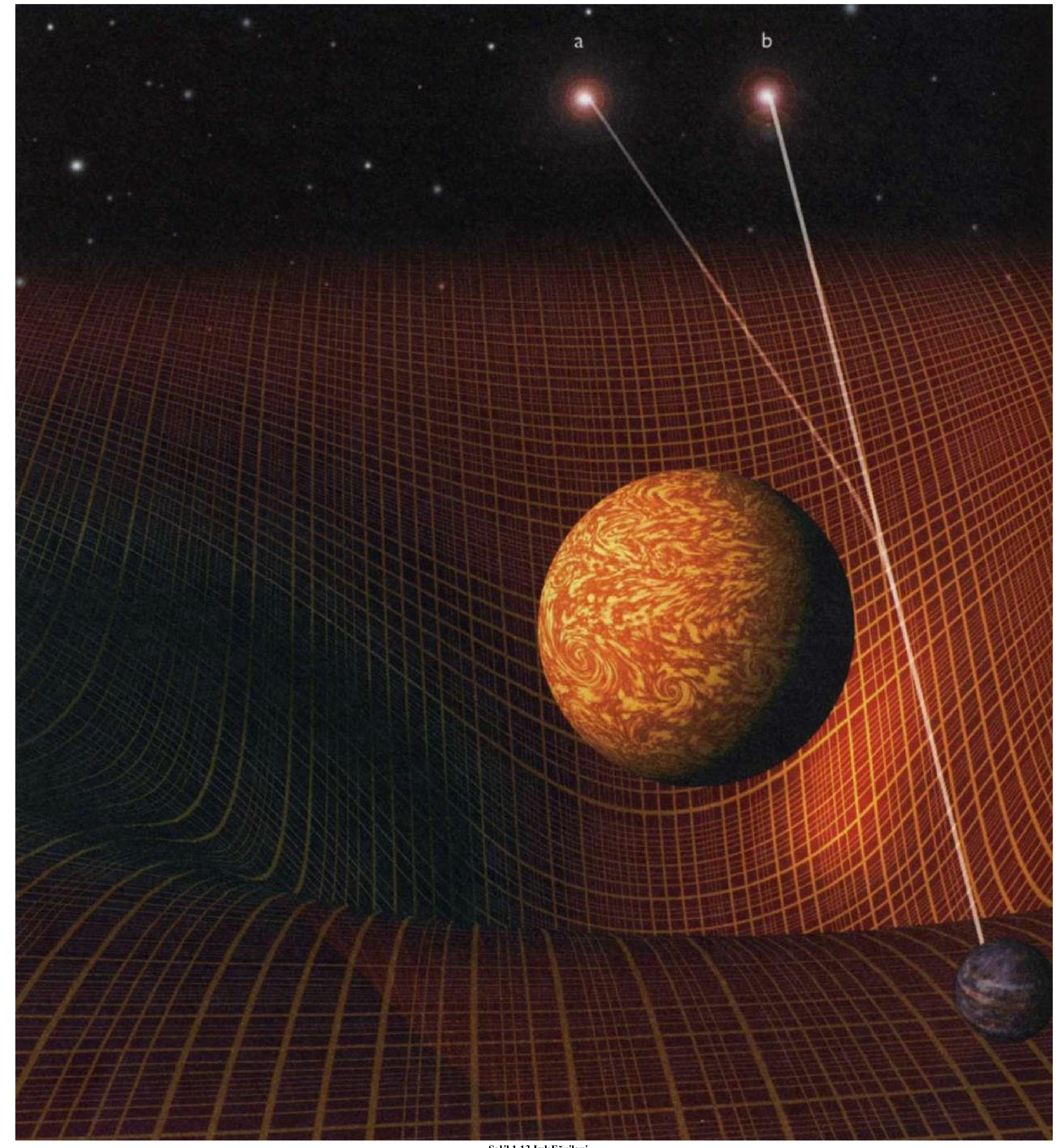
Einstein, arkadaşı Marcel Grossmann'ın yardımıyla, daha önce Georg Friedrich Riemann tarafından geliştirilen bükülmüş uzay ve yüzeyler kuramı üzerinde çalıştı. Riemann sadece uzayın eğri olduğunu düşünüyordu. Einstein ise eğri olanın, uzay-zaman olduğunu kavradı. Einstein ve Grossmann 1913'te, kütle çekim kuvvetlerinin, uzay-zaman eğriliğinin sadece bir ifadesi olduğunu ileri süren, ortak bir makale yazdılar.




Ne var ki, Einstein'ın yaptığı bir hata yüzünden (ki o da insandır ve yanılabilir), uzay-zaman eğriliği ile kütle ve onun içerisindeki enerji arasında ilişki kuran eşitlikleri bulamadılar. Einstein, nihayet kasım 1915'te, doğru eşitlikleri buluncaya kadar, ev hayatı ile ilgili konulardan ve savaştan büyük ölçüde etkilenmeksizin, Berlin'de bu problem üzerinde çalışmaya devam etti 1915 yazında Göttingen Üniversitesi'ne yaptığı bir ziyaret sırasında, düşüncelerini matematikçi David Hilbert ile tartıştı ve Hilbert aynı eşitlikleri bağımsız olarak Einstein'dan birkaç gün önce buldu. Yine de, Hilbert'in de kabul ettiği gibi, bu yeni kuramın şerefi Einstein'a aitti. Kütle çekimini uzay-zaman bükülmesi ile ilişkilendirmek onun fikriydi Savaş döneminde bile, bu tür bilimsel tartışma ve fikir alışverişlerinin aksamadan sürmesi, o dönemin uygar Almanya'sı için bir övünç kaynağıdır. Bu durum, yirmi yıl sonraki Nazi dönemi ile büyük bir çelişkiydi.

Kütle çekimini kapsamayan, şimdi özel görelilik olarak bilinen, orijinal kuramdan ayırt edilmesi için, bükülmüş uzay-zamanla ilgili yeni kurama genel "görelilik" adı verildi. Bu durum, 1919'da, Batı Afrika'daki bir İngiliz keşif seferinde güneş tutulması sırasında güneşin yakınından geçen bir yıldızdan gelen ışıkta küçük bir bükülme gözlemlenmesiyle, şaşırtıcı bir şekilde onaylanacaktır (Şekil 1.13).



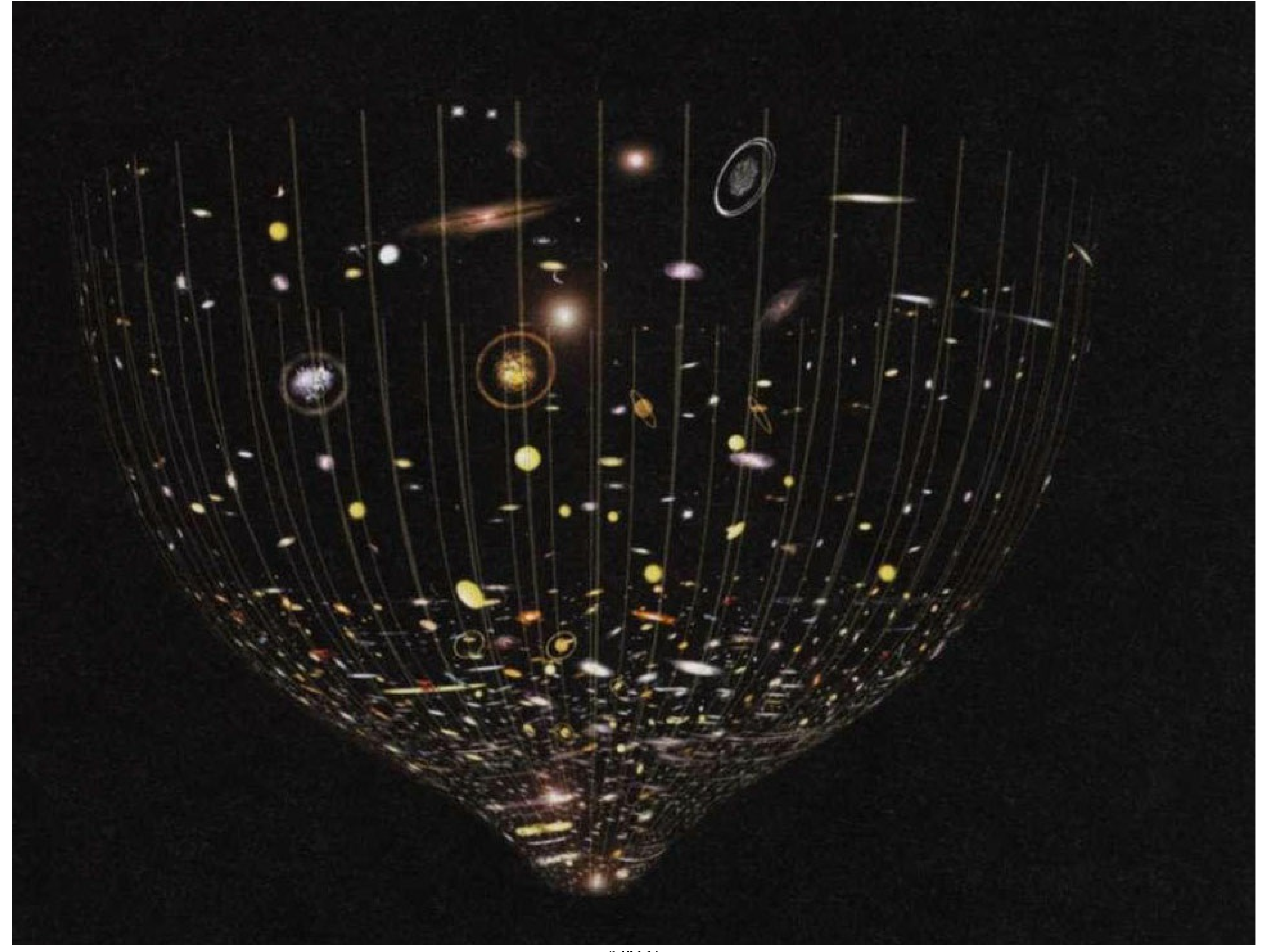

**Şekil 1.13 IşıkEğrileri**

*Güneşin yakınından geçen bir yıldızdan gelen ışık, güneş kütlesinin, uzay-zamanı bükmesiyle sapar (a). Bu, yıldızın Dünya'dan görülen konumundaki hafif sapmayı ortaya çıkarır (b). Bu durum, ancak bir güneş tutulması sırasında gözlemlenebilir.*

Uzay ve zaman bükülmesinin doğrudan kanıtı ortadaydı ve bu kanıt, içinde yaşadığımız evreni algılayışımız konusunda, Euclidin İ.Ö. 300'de Elemets of Geometry kitabını yazmasından beri gerçekleşen en büyük değişikliği ortaya çıkardı.

Einstein'ın genel görelilik kuramı, uzay ve zamanı, olayların gerçekleştiği edilgen bir konumdan, evrenin dinamikleri içerisindeki etkin katılımcılara dönüştürdü. Bu da, yirmi birinci yüzyılda fizik alanında hâlâ ön planda kalan büyük bir problemi ortaya çıkardı. Evren madde ile doludur ve madde, uzay-zamanı, kütleler birbiri üzerine düşecek şekilde büker. Einstein, eşitliklerin zaman içerisinde değişmeyen, durağan bir evreni tanımlayan bir çözüme sahip olmadığını buldu. Kendisinin ve diğer birçok kişinin de inandığı sonsuz bir evrenden vazgeçmek yerine, kozmolojik sabit adı verilen bir terim ekleyerek eşitlikleri düzeltti. Bu sabit, uzay-zamanı, aksi anlamda büküyordu. Bunun sonucunda da, kütleler, birbirinden uzaklaşıyordu. Evrensel sabitin itici etkisi, maddenin çekici etkisini dengeleyerek, evren için, durağan bir çözüm sağlayabilecekti. Bu, kuramsal fiziğin gözden kaçırdığı büyük fırsatlardan biriydi. Eğer Einstein, orijinal eşitliklerine takılıp kalsaydı, evrenin genişlemesi veya büzülmesi gerektiğini söyleyebilirdi. Gerçekten de öyleydi, ancak, zamana bağımlı bir evren fikri, Mount Wilson'daki 100 inçlik bir teleskopla 1920'lerde yapılan gözlemlere kadar ciddiye alınmadı.

Bu gözlemler, diğer galaksilerin bizden ne kadar uzakta iseler, o kadar hızla uzaklaşacaklarını ortaya çıkardı. Evren genişliyordu ve herhangi iki galaksi arasındaki mesafe, zaman içerisinde sürekli artıyordu (Şekil 1.14). Bu buluş, evren için durağan bir çözüm elde etmek için evrensel bir sabite duyulan ihtiyacı ortadan kaldırdı. Einstein, daha sonra, evrensel sabitin, yaşamının en büyük yanlışı olduğunu söyledi. Bununla birlikte, bu sabit hiç de bir hata değilmiş gibi görünüyor: Bölüm 3'te açıklayacağımız, yakın zamanda yapılmış gözlemler, aslında küçük, evrensel bir sabitin bulunabileceğini göstermektedir.

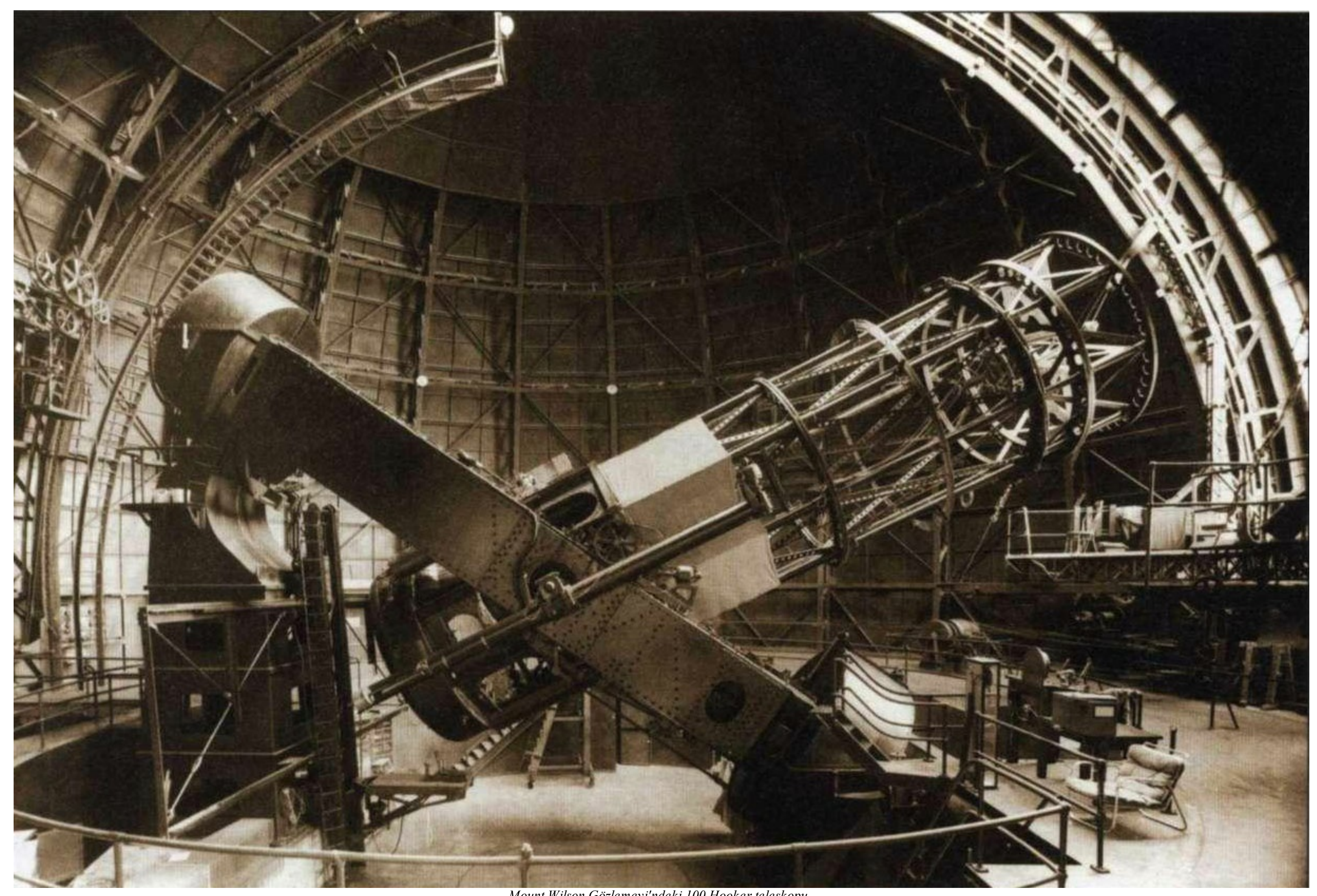


**Şekil 1.14**

*Galaksilerde yapılan gözlemler evrenin genişlediğini belirtiyor Hemen hemen bütün galaksi çiftleri arasındaki uzaklık artmaktadır.*

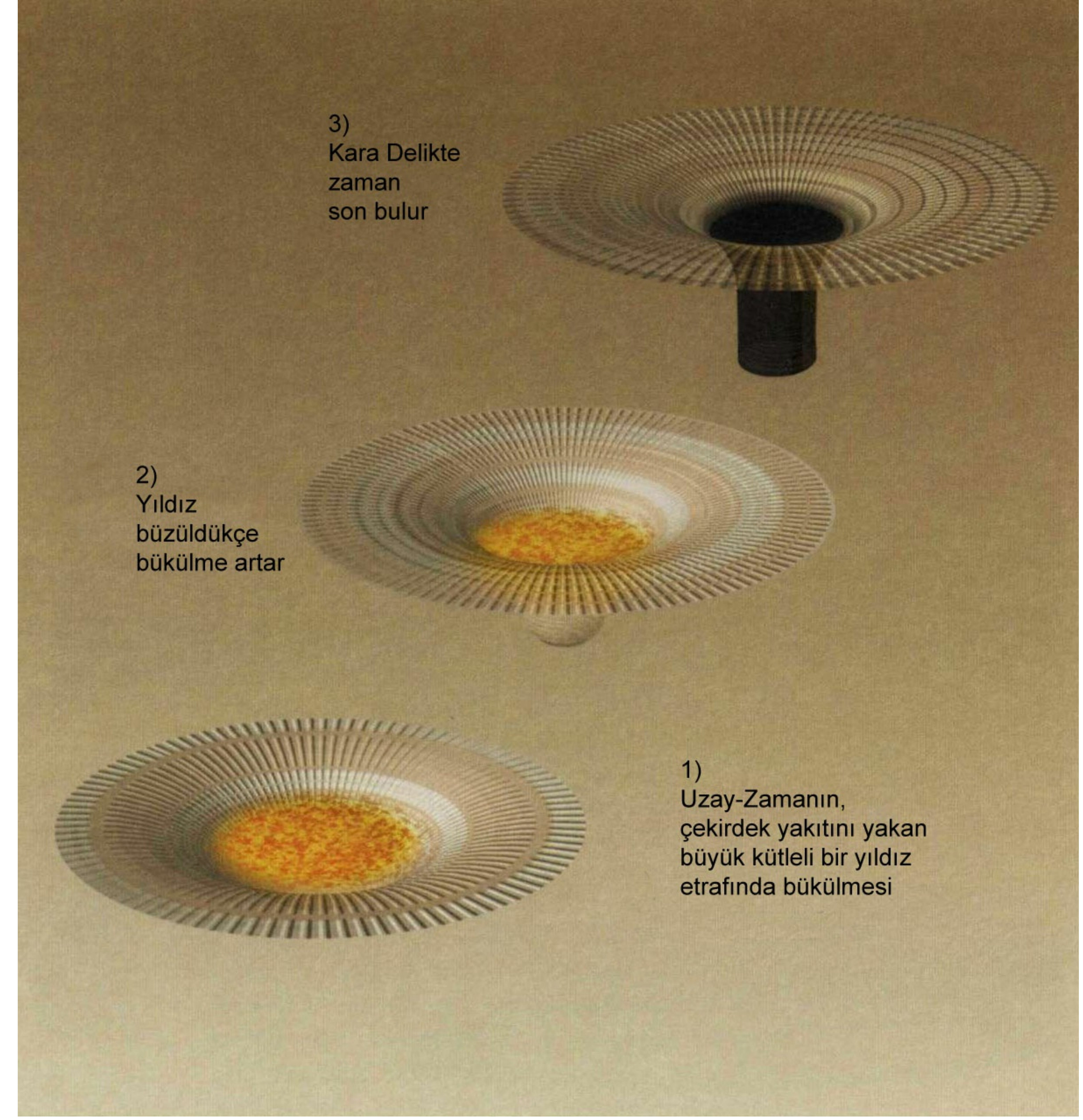
Genel görelilik, evrenin başlangıcı ve kaderi hakkındaki tartışmayı kökünden değiştirdi. Durağan bir evren hep var olabilirdi veya geçmişteki bir zamanda, şu anki biçiminde yaratılmış olabilirdi. Bununla birlikte, eğer galaksiler birbirinden uzaklaşıyorsa, geçmişte birbirine daha yakın olmalıydılar. On beş milyar yıl önce, hepsi tek bir yerde bulunacak ve yoğunluk ise çok büyük bir değerde olacaktı. Bu durum, evrenin şimdi büyük patlama (big bang) adını verdiğimiz başlangıcını araştıran ilk kişi olan Katolik rahip George Lemaître tarafından "en eski atom" (primeval atom) şeklinde adlandırılmıştı.

Einstein, büyük patlamayı hiçbir zaman ciddiye almamış gibi gözükür. Görünüşe göre, eşit olarak genişleyen, basit bir evren modelinin, galaksilerin hareketi zamanda geriye doğru takip edildiğinde çökeceğini ve galaksilerin küçük yanal hızlarının birbirlerini ıska geçmesine neden olacağını düşünüyordu. Evrenin geçmişte bir büzülme safhasının bulunabileceğini ve oldukça ortalama değerdeki bir yoğunluktaki günümüzdeki genişlemeye bir sıçrama yapmış olabileceğini düşünüyordu. Bununla birlikte, evrenin ilk zamanlarındaki nükleer tepkimelerin, çevremizde gözlemlediğimiz miktardaki ışık elementini inçlik üretmesi için, yoğunluğun inç-küb başına en azından on ton ve sıcaklığın da on milyar derece olması gerektiğini artık biliyoruz. Üstelik, mikrodalga fonda yapılan gözlemler, yoğunluğun muhtemelen bir zamanlar inç küb başına bir trilyon trilyon trilyon trilyon trilyon trilyon (1 ve 72 tane sıfır) ton olduğunu gösteriyor. Ayrıca, Einstein'ın genel görelilik kuramının, evrenin bir büzülme safhasından şu anki genişlemeye atlamasına olanak tanımayacağını da biliyoruz. Roger Penrose ve ben, Bölüm 2'de de ele alacağımız üzere, genel göreliliğin, evrenin büyük patlamada başladığını öngördüğünü ispatlayabildik. Einstein'ın kuramı, zamanın bir başlangıca sahip olduğunu gerçekten de ima eder, ancak bu fikir, Einstein'ı asla sevindirmemiştir.



*Mount Wilson Gözlemevi'ndeki 100 Hooker teleskopu.*

Einstein, genel göreliliğin, büyük yıldızlar yaşamlarını sona erdirdiğinde ve onları daha da küçültmeye çalışan kendi kütle çekim kuvvetlerini dengelemek için artık yeterli ısı üretmediğinde, zamanın onlar için son bulacağını öngördüğünü itiraf etmek konusunda daha da isteksizdi. Einstein, bu tip yıldızların nihai bir biçim olacağını düşünüyordu. Ancak biz, güneşin iki katı kütleye sahip yıldızların nihai durum yapıları olmadığını biliyoruz. Böyle yıldızlar, kara deliklere, yani ışığın kaçamayacağı kadar bükülmüş uzay-zaman bölgelerine dönüşünceye kadar küçülmelerini sürdürürler (Şekil 1.15).




**Şekil 1.15**

*Büyük bir yıldız, çekirdeğindeki yakıtını tükettiğinde, ısı kaybedecek ve büzüşecektir. Uzay-zaman bükülmesi o kadar artacaktır ki, ışığın içinden kaçamayacağı bir kara delik meydana gelecektir. Kara deliğin içinde de, zaman sona erecektir.*

Penrose ve ben, genel göreliliğin, kara delik içerisinde hem bir yıldız, hem de deliğe düşmüş talihsiz bir astronot için zamanın son bulacağı öngörüsünü ispatladık. Ancak zamanın hem başlangıcı hem de sonu, genel görelilik eşitliklerinin tanımlanamayacağı yerler olacaktır. Bu nedenle, bu kuram büyük patlamayla ortaya çıkması gereken olguyu öngörememiştir. Bazıları bunu, Tanrı'nın, evreni kendi istediği biçimde yaratma özgürlüğü olarak gördü. Ancak, (ben de dahil olmak üzere) diğerleri evrenin başlangıcının diğer zamanlarda geçerli olan kanunlar tarafından idare edilmesi gerektiğinin inancındalar. Bölüm 3'te de ele alacağımız gibi, bu amaçta bazı ilerlemeler kaydettik; gene de, evrenin başlangıcını henüz tam olarak anlayabilmiş değiliz.

Genel göreliliğin büyük patlama konusunda bozguna uğramasının sebebi, yirminci yüzyılın diğer bir kavramsal devrimi olan kuantum kuramıyla uyumlu olmamasıydı. Kuantum kuramında ilk adım, Berlin'deki Max Planck'ın, kor halindeki bir kitleden kaynaklanan radyasyonun, sadece ışık kuantumu (quanta) adı verilen belli paketler halinde yayılırsa veya soğurulursa açıklanabileceğini keşfettiği 1900'de atıldı. Einstein, patent bürosundayken 1905'te yazdığı sarsıcı makalelerinden birinde, Planck'ın kuantum hipotezinin, belirli metallerin üzerine ışık düştüğünde elektron vermesini yani, fotoelektrik etkisini açıklayabileceğini gösterdi. Bu, modern ışık algılayıcılarının ve televizyon kameralarının temelini oluşturur ve Einstein, Nobel Fizik Ödülü'nü bu çalışma için almıştır.

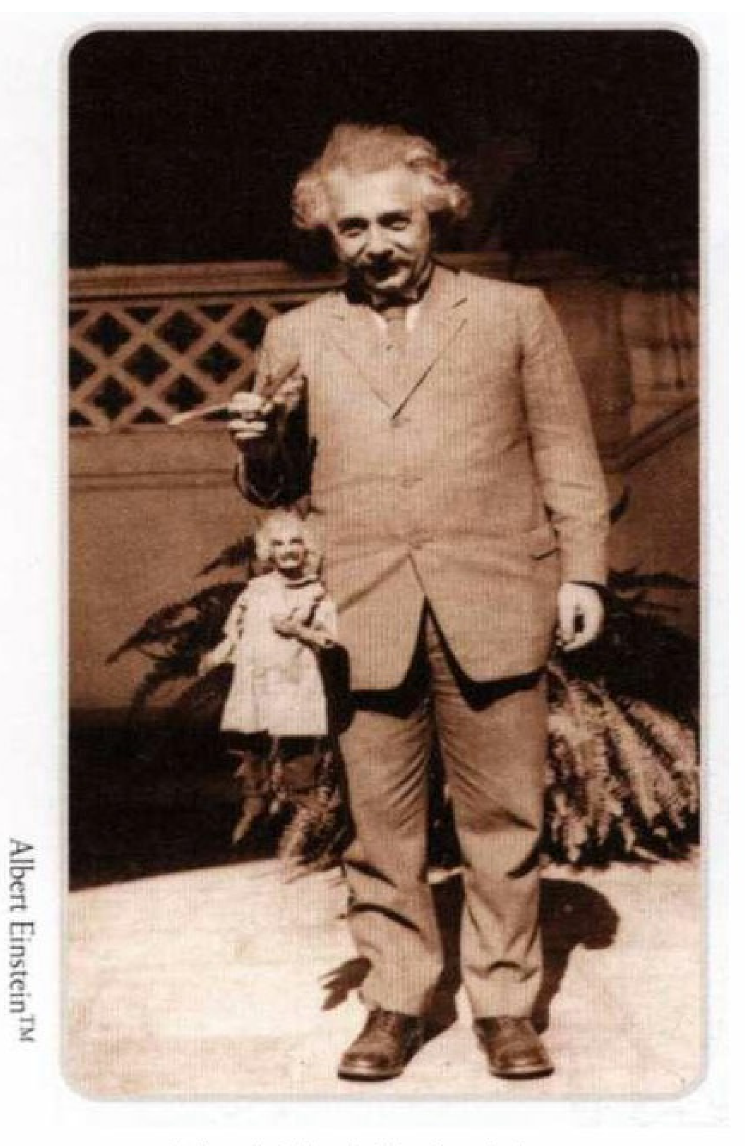
Einstein, 1920'ler boyunca, kuantum fikri üzerinde çalışmaya devam etti. Ancak gerçeğin kuantum mekaniği adı verilen yeni bir tanımını geliştiren, Kopenhag'dan Werner Heisenberg, Cambridge'den Paul Dirac ve Zürih'ten Erwin Schrödinger'ın çalışması onu derinden kaygılandırdı. Küçük parçacıkların, artık, kesin bir konumu ve hızı yoktu! Bunun yerine, bir parçacığın konumu ne kadar kesin olarak belirlenirse, hızı da o kadar daha az belirlenebiliyor ve hızı ne kadar kesin olarak belirlenirse, konumu o kadar kesinlikte belirlenebiliyordu. Einstein, temel kanunlardaki bu rastsal, önceden belirlenemez öğe karşısında dehşete düştü ve kuantum mekaniğini hiçbir zaman tam olarak kabul etmedi. Duygularını, ünlü "Tanrı zar atmaz" sözü ile dile getiriyordu. Bununla birlikte, diğer bilim adamlarının çoğu, daha önce açıklanmayan bütün olgular için yaptıkları açıklamalar ve gözlemlerle mükemmel uyumları nedeniyle, yeni kuantum kanunlarının geçerliliğini kabul etti. Bunlar, kimya, moleküler biyoloji ve elektronikteki modern gelişmeler ile son elli yıl içerisinde değişim gösteren teknolojinin oluşumunun temelidir.

Einstein, Nazi'lerin ve Hitler'in başa geçeceğinin bilincine vararak 1932 aralığında Almanya'yı terk etti ve dört ay sonra vatandaşlığından çıkarak yaşamının son yirmi yılını New Jersey'in Princetown Üniversitesinin Institute for

Advanced Study Enstitüsünde geçirdi.

Nazi'ler Almanya'da "Yahudi bilimi "ne ve Yahudi olan birçok Alman bilim adamına karşı bir kampanya başlatmışlardı, bu Almanya'nın bir atom bombası yapamamasının kısmen de olsa nedenlerinden biridir. Einstein ve görelilik, bu kampanyanın boy hedefiydiler. O ise, Einstein'a Karşı Olan 100 Yazar (100 Authors Against Einstein) adlı bir kitaptan bahsedildiğinde "Neden yüz? Yanılmış olsaydım, biri yeterdi." cevabını veriyordu. İkinci Dünya Savaşı'nın ardından, atom bombasını denetlemek için bir dünya hükümeti kurmaları konusunda Müttefiklere baskı yaptı. 1948'de yeni İsrail devletine başkan olması teklif edildi, ancak, o bu teklifi geri çevirdi. Bir keresinde şöyle demişti: "Politika anlıktır, ancak bir eşitlik ebedidir." Einstein'ın genel görelilik eşitlikleri, onun en iyi yazıtı ve anıtıdır. Evren var oldukça, onlar da var olacaktır.

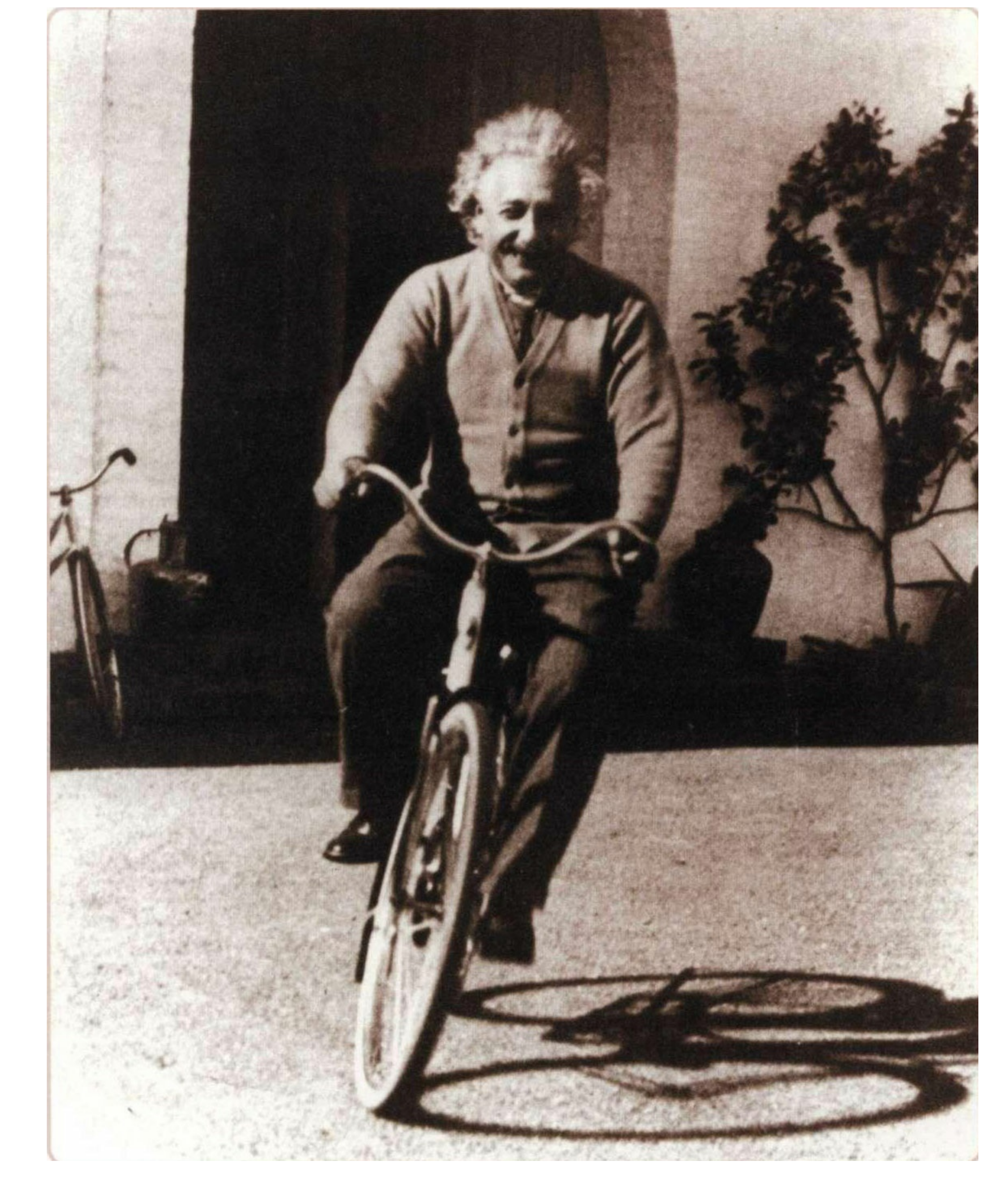
Dünya, son yüz yıl içerisinde, önceki yüzyıllara göre çok daha fazla değişti. Bunun sebebi, yeni politik veya ekonomik öğretiler değil, teknolojide gerçekleşen, temel bilimdeki ilerlemeler tarafından mümkün kılınmış gelişmelerdir. Bu ilerlemeleri Albert Einstein'dan daha iyi kim sembolize edebilir ki?




Albert Einstein, kurtuluşu ABD'ye göçmekte bulduktan hemen sonra, kendi kuklası ile...







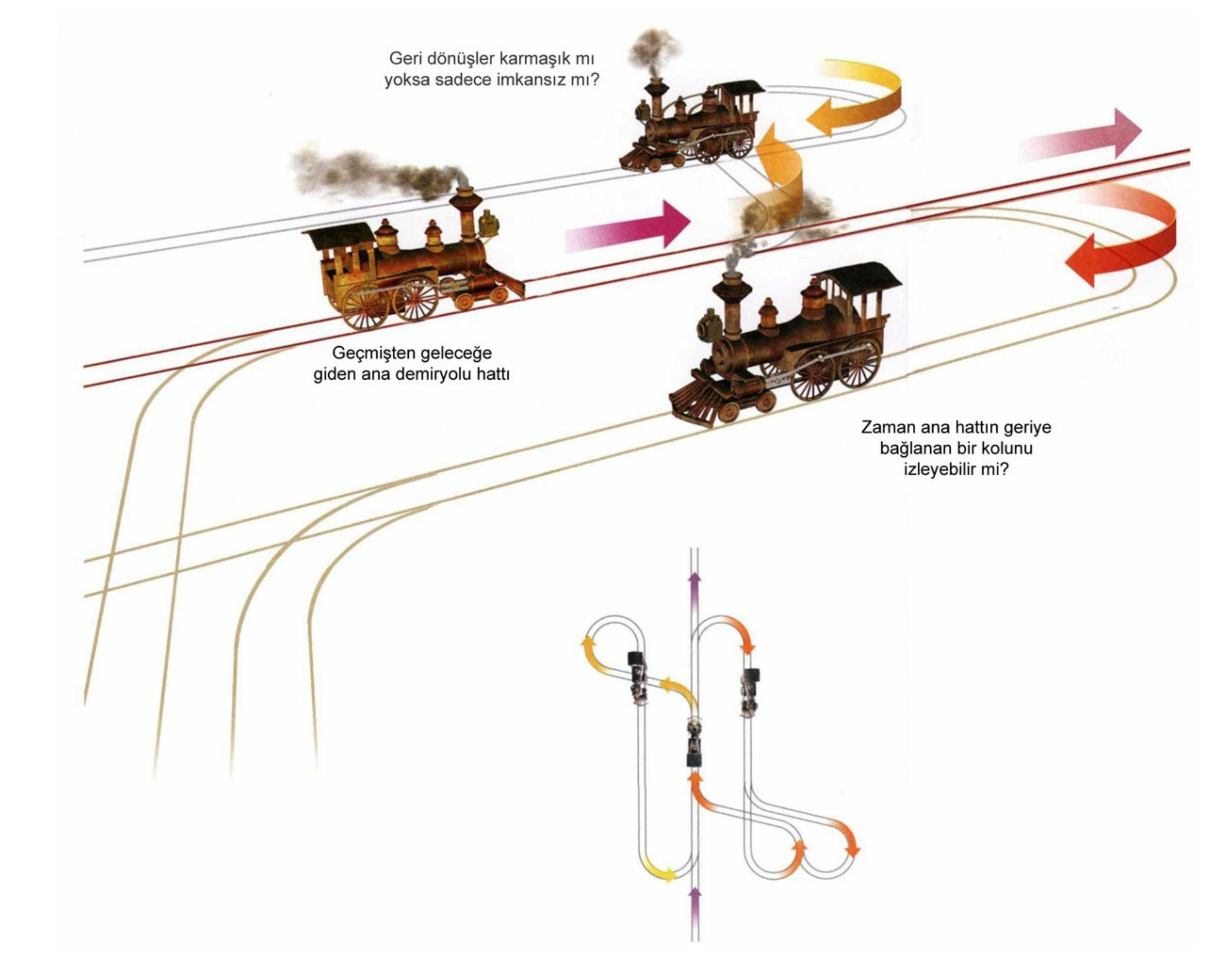
# Bölüm 2

**Zamanın Şekli**

*Einstein'ın Genel göreliliği zamana bir şekil verir.*

*Genel Görelilik Kuramının Kuantum Kuramıyla bağdaştırılması*






**Şekil 2.1 Zamanın Bir Demiryolu Şeklindeki Modeli**

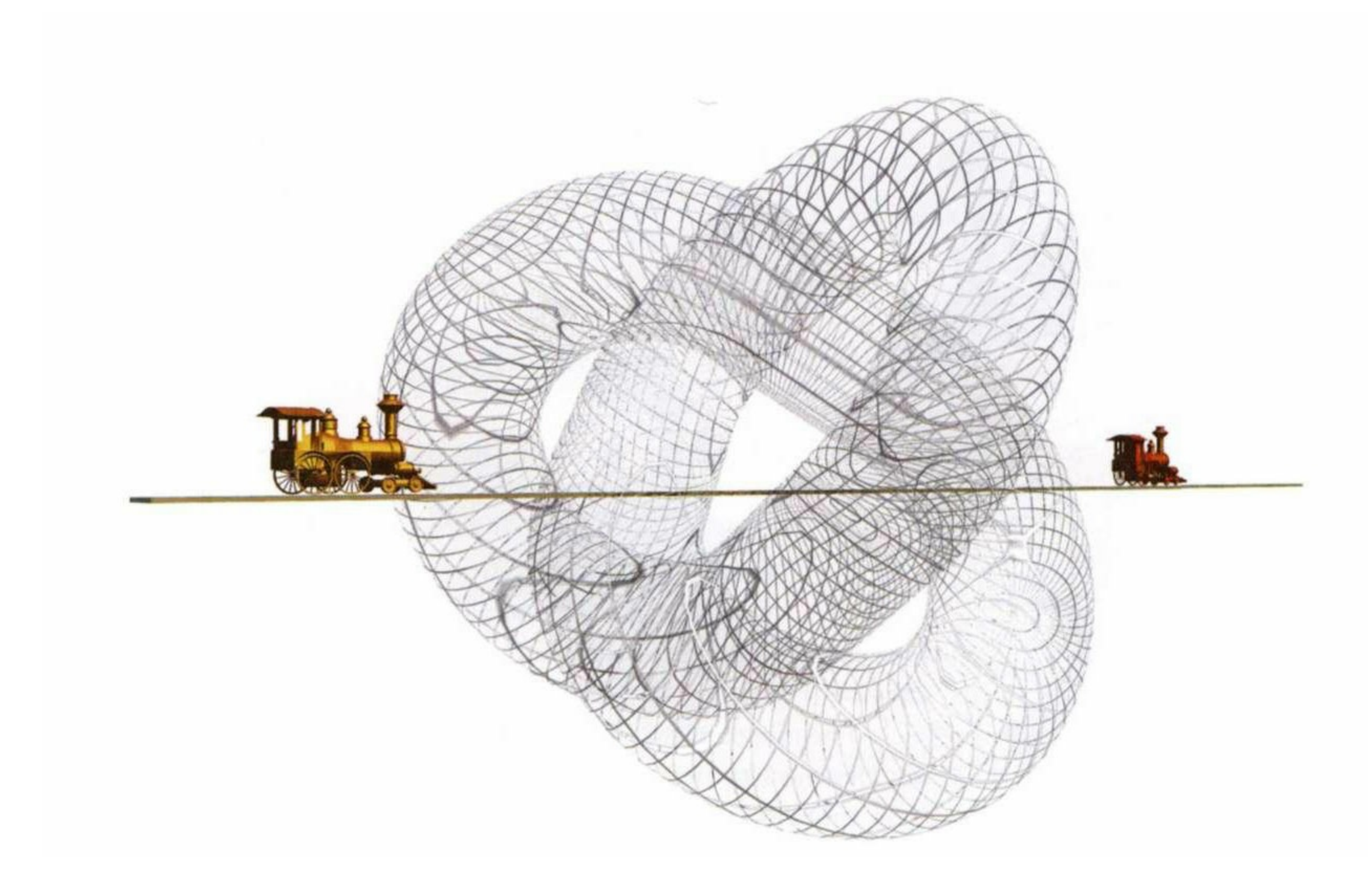
*Zaman sadece bir yönde – geleceğe doğru – işleyen ana bir hat mı? Yoksa daha önceki bir kavşakta ana hatla yeniden birleşmek üzere geri bağlanabilir mi?*

Nedir ZAMAN? Eski bir ilahideki gibi, sürekli akan bir dere midir, bütün rüyalarımızı taşıyan? Yoksa bir demiryolu mu? Belki de başa döndüğü yerler ve kolları vardır, böylece ileri gitmeye devam ettiğiniz halde, hat üzerinde, önceki bir istasyona geri dönersiniz (Şekil 2.1).

On dokuzuncu Yüzyıl yazarı Charles Lamb şöyle demiştir: "Hiçbir şey, zaman ve uzay kadar aklımı kurcalamaz. Aynı zamanda hiçbir şey, beni zaman ve uzaydan daha az endişelendirmez. Çünkü, onları, hiçbir zaman düşünmem." Çoğumuz, çoğu zaman - bu, her ne ise - zaman ve uzay hakkında endişelenmeyiz, ancak hepimiz zamanın ne olduğunu, nasıl başladığını ve bizi nereye götürdüğünü bazen merak ederiz.

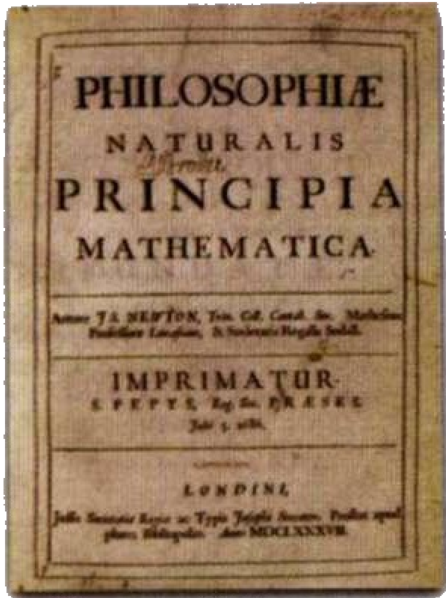
İster zamanla, ister başka bir kavramla ilgili olsun, sağlam, bağımsız, herhangi bir kuram, kanımca, üzerinde en fazla çalışılabilecek bilim felsefesine dayandırılmalıdır. Karl Popper ve

diğerleri tarafından ileri sürülen pozitivist yaklaşıma. Bu düşünce şekline göre, bilimsel bir kuram, yaptığımız gözlemleri tanımlayan ve düzenleyen, matematiksel bir modeldir. İyi bir kuram, geniş bir olgu yelpazesini, basit birkaç kabulü esas alarak tanımlayacak ve sınanabilir, kesin tahminlerde bulunacaktır. Eğer tahminler gözlemlerle uyum gösterirse, doğruluğu kanıtlanamasa bile, kuram bu sınavı geçer. Buna karşın, gözlemler tahminlerle uyum göstermezse, kuram bir kenara atılmalı veya değiştirilmelidir. (Bu, en azından olması gereken şeydir. İnsanlar uygulamada gözlemlerin kesinliğini ve gözlemleri yapan kişilerin güvenilirliği ve ahlaki karakterini çoğunlukla sorgular.) Eğer bir kişi, benim de yaptığım gibi, pozitivist bir tavır alırsa, zamanın gerçekte ne olduğunu söyleyemez. Tek yapabileceği, zaman için bulunan, uygun, matematiksel modeli tanımlamak ve bu modelin yaptığı öngörüleri dile getirmektir.



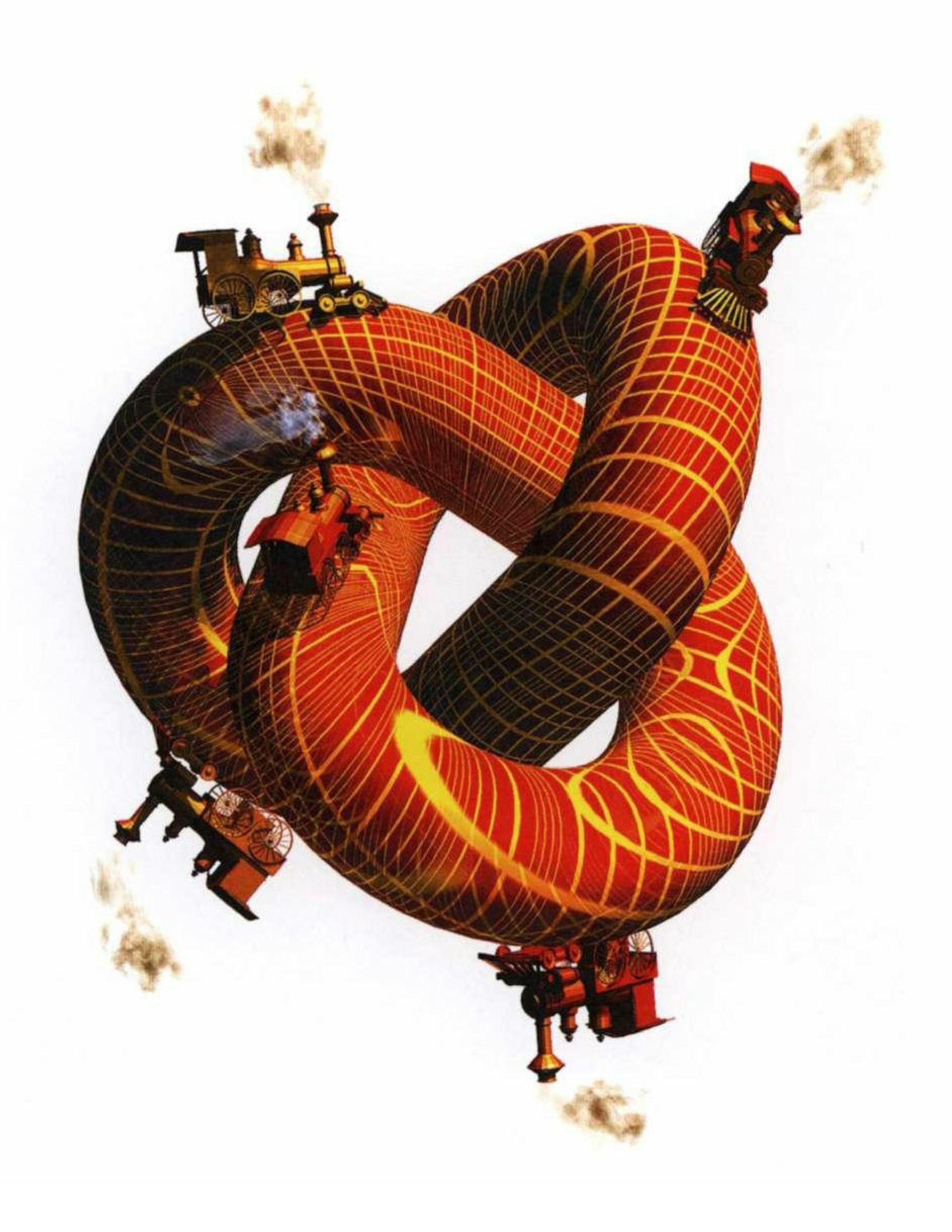
**Şekil 2.2**

*Newton'a göne zaman, her iki yönde de sonsuza uzanan bir demiryolu gibi, uzaydan bağımsızdı.*


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA
IMPRIMATUR
LONDINI

Isaac Newton,
300 yıl önce,
zaman ve uzayla
ilgili kendi matematiksel
modelini yayınladı.

Isaac Newton 1687'de yayınlanan Principia Mathematica adlı kitabında, zaman ve uzay için ilk matematiksel modeli ortaya attı. Newton, Cambridge'deki şu an bulunduğum Lucasian sandalyesindeydi. Ancak bu sandalye, onun zamanında elektrikle işlemiyordu (burada, İngilizce chair kelimesi aslında sandalye değil, kürsü anlamına geliyor, yazar kelime oyunu yapıyor, Ç.N.). Newtonun modelindeki zaman ve uzay, olayların gerçekleştiği ancak olaylar tarafından etkilenmeyen bir fondu. Zaman, uzaydan ayrıydı ve her iki yönde de sonsuza giden tek bir doğru, veya bir demiryolu olduğu düşünülüyordu (Şekil 2.2). Zaman, hep var olduğu ve var olacağından yola çıkılarak, ebedi görülüyordu. Buna karşın, çoğu insan fiziksel evrenin sadece birkaç bin yıl önce, yaklaşık şu anki haliyle yaratıldığı inananday dı. Bu durum, Alman düşünür Emmanuel Kant gibi filozofları meraklandırıyordu. Eğer, evren gerçekten yaratılmışsa, yaratılıştan önce neden sonsuz bir bekleyiş vardı? Bununla birlikte, evren her zaman var olduysa, gerçekleşecek her şey neden önceden gerçekleşmemiş, yani tarih bitmemişti? Özellikle de, her şey aynı sıcaklıkta olacak şekilde, evren ısıl dengeye neden ulaşmamıştı?





**Şekil 2.3**

Zamanın Şekli ve Yönü Einstein'ın çok sayıda deneyle uyum gösteren görelilik kuramı, zaman ve uzayın birbiriyle ayrılmaz biçimde bağlı olduğunu kanıtlar. Bu nedenle zamanın bir şekli vardır. Bununla birlikte, şekildeki lokomotiflerde gösterildiği gibi, tek yönlüymüş gibi de gözükür. Uzay, zaman olmaksızın bükülemez.

**Şekil 2.4**
**Kauçuk Yaprak Örneksemesi**

*Ortadaki büyük top, yıldız gibi, büyük bir kütleyi simgeler.*
*Topun ağırlığı, yakınındaki yaprağı büker. Yaprak üzerinde yuvarlanan bilyeler bu eğim tarafından saptırılır ve tıpkı, bir yıldızın kütle çekim alanındaki gezegenlerin, onun yörüngesinde dolaşması gibi, büyük topun çevresinde döner.*

Kant bu problemi "saf aklın çelişkisi" ("antimony of pure reason") olarak adlandırdı, çünkü, mantıksal bir yadsımaydı, bir çözümü yoktu! Ancak bu, sadece, zamanın sonsuz bir doğru ve evrende olup bitenlerden bağımsız olduğu Newton'un matematiksel modelinin kapsamı içerisindeki yadsımaydı. Bununla birlikte, Bölüm 1'de de gördüğümüz gibi, Einstein 1915'te tamamen yeni bir matematiksel model ortaya attı: genel görelilik kuramı. Einstein'ın makalesinden bu yana geçen yıllar boyunca, bu modele birkaç şey ekledik. Ancak, zaman ve uzayla ilgili modelimiz, hâlâ, Einstein'ın önermelerine dayanıyor. Bu ve ilerleyen bölümlerde Einstein'ın devrimci makalesinden bu yana geçen yıllarda düşüncelerimizin gelişimini anlatacağız. Bu çok sayıda kişinin çalışmasıyla erişilmiş bir başarının hikayesidir, dahası, ben de küçük bir katkıda bulunmuş olmaktan gurur duyuyorum.

Genel görelilik, uzay-zamanı oluşturmak üzere, zaman boyutunu uzayın üç boyutuyla birleştirir (Şekil 2.3). Bu kuram, uzaydaki madde ve enerji dağılımının, uzay-zamanı büktüğü ve bozundurduğunu, bu yüzden de uzay-zamanın düz olmadığını söyleyerek kütle çekim etkisini kapsar. Söz konusu uzay-zaman içindeki nesneler, düz doğrularda hareket etmeye çalışır, ancak, uzay-zaman eğri olduğu için, izledikleri yollar bükülmüş olarak görünür. Bir yerçekimi alanından etkileniyorlarmış gibi hareket ederler.

Düz anlamıyla algılanmaması gereken, yaklaşık bir örnekleme olarak, bir kauçuk yaprağını düşünün. Yaprak üzerine, Güneş'i temsil edecek, büyük bir top yerleştirelim. Topun ağırlığı yaprağa baskı uygulayacak ve yaprağın Güneş çevresinde bükülmesine neden olacaktır. Eğer, o anda, yaprak üzerinde küçük bilyeler yuvarlanırsa, bilyeler diğer tarafa doğru dümdüz yuvarlanmayacak, bunun yerine Güneş çevresindeki yörüngede dönen gezegenler gibi, yükün etrafında dönecektir (Şekil 2.4).

Örnekseme, Newton'un kuramında da olduğu gibi, uzayın sadece iki boyutlu bir bölümünün (kauçuk yaprağın yüzeyinin) bükülmesi ve zamanın bozulmadan kalması nedeniyle bütünsel değildir. Oysa, birçok deneyle uyum gösteren görelilik kuramındaki uzay ve zaman, ayrılmaz bir bütündür. Uzay, zaman olmaksızın bükülemez. Bu nedenle, zamanın bir şekli vardır. Genel görelilik, uzay ve zamanı bükerek, onları olayların gerçekleştiği durağan olayların etkin, dinamik katılımcılarına dönüştürür. Zamanın her şeyden bağımsız bir şekilde var olduğu Newton kuramında şu soru sorulabilir: Tanrı evreni yaratmadan önce ne yapıyordu? Aziz Augustine'in de söylediği gibi, bu konu hakkında, "İşine fazla karışanlar için Cehennem'i hazırlıyordu," diyerek şakaya kaçılınamaz. Bu, insanların yüzyıllardır üzerinde düşünüp durduğu, ciddi bir sorudur. Aziz Augustine'e göre, Tanrı her şeyi yaratmadan önce, hiçbir şey yapmadı. Aslında, bu modern düşüncelere çok daha yakındır.

Bununla birlikte, genel görelilikteki zaman ve uzay, evrenden veya birbiriden bağımsız olarak var olamaz. Bunlar, bir saatteki kuartz kristalinin titreşim sayısı veya bir cetvelin uzunluğu gibi, evren içerisindeki ölçülerle tanımlanır. Evren içerisinde, bu şekilde tanımlanan zamanın minimum veya maksimum bir değerinin - başka bir deyişle, bir başlangıcının veya bir sonunun - bulunması akla oldukça yatkındır. Başlangıçtan önce veya sonun ardından neyin gerçekleştiğini sormak anlamsız olur. Çünkü, böyle zamanlar tanımsızdır.

Açıktır ki genel göreliliğin matematiksel modelinin, evrenin ve zamanın kendisinin bir başlangıcı veya sonu olduğunu öngörüp öngörmediğine karar vermek önemliydi. Einstein da dahil olmak üzere kuramsal fizikçiler arasındaki genel önyargı zamanın, her iki yönde de sonsuz olduğu şeklindeydi. Aksi taktirde, evrenin yaratılışı hakkında bilim dışı sorular beliriyordu. Einstein eşitliklerinin, zamanın bir başlangıcının veya sonunun olduğu çözümleri biliniyordu, ancak, büyük bir simetrileri vardı ve hepsi çok özeldi. Kendi kütle çekimi altında çöken gerçek bir kütlede, basınç veya yanal hızların, yoğunluğun sonsuz olacağı noktada maddenin toplanmasına olanak tanımayacağı düşünülüyordu. Benzer biçimde, evrenin genişlemesi, zamanda geriye doğru izlenirse, evrendeki maddelerin hepsinin sonsuz yoğunluktaki bir noktadan ortaya çıkmadığı sonucuna varılacaktı. Sonsuz yoğunlukta böyle bir nokta, tekillik (singularity) diye adlandırılıyordu ve zamanın bir başlangıcı veya sonu olacaktı.

Evgenii Lifshitz ve Isaac Khalatnikov adlı Rus iki bilim adamı 1963'te madde ve hızların özel bir düzenlemesinin bulunduğu bir tekillik ile Einstein eşitliklerinin çözümlerini kanıtladıklarını iddia ettiler. Evreni simgeleyen çözümün bu özel düzenlemeye sahip olma olasılığı, uygulamada sıfırdı. Evreni simgeleyen neredeyse bütün çözümler, sonsuz yoğunlukta bir tekillik bulundurmaktan uzak duracaktı: Evrenin genişlediği çağdan önce, maddenin bir araya toplandığı, ancak çarpışmadığı ve şu anki genişleme safhasında birbirinden uzaklaştığı bir büzülme dönemi olmalıydı. Eğer durum böyle ise zaman, sonsuz geçmişten sosuz geleceğe doğru hep devam edecekti.

Lifshitz ve Khalatnikov'un savları, herkesi ikna edememişti. Roger Penrose ve ben bunun yerine, sadece çözümler üzerine ayrıntılı bir çalışmaya değil, aynı zamanda, uzay-zamanın küresel yapısına da dayanan, farklı bir yaklaşım geliştirdik. Uzay-zaman genel görelilikte sadece içindeki büyük kütleli nesneler tarafından değil, eş zamanda içindeki enerji tarafından da bükülür. Enerji, her zaman pozitiftir. Bu yüzden, uzay-zaman, ışık ışınlarının yollarını birbirine doğru büken bir eğrilik verir.

Zamanda geriye bakan gözlemci

Galaksilerin yakın zamandaki görünüşü

Galaksilerin 5 milyar yıl önceki görünüşü

Fon radyasyonu

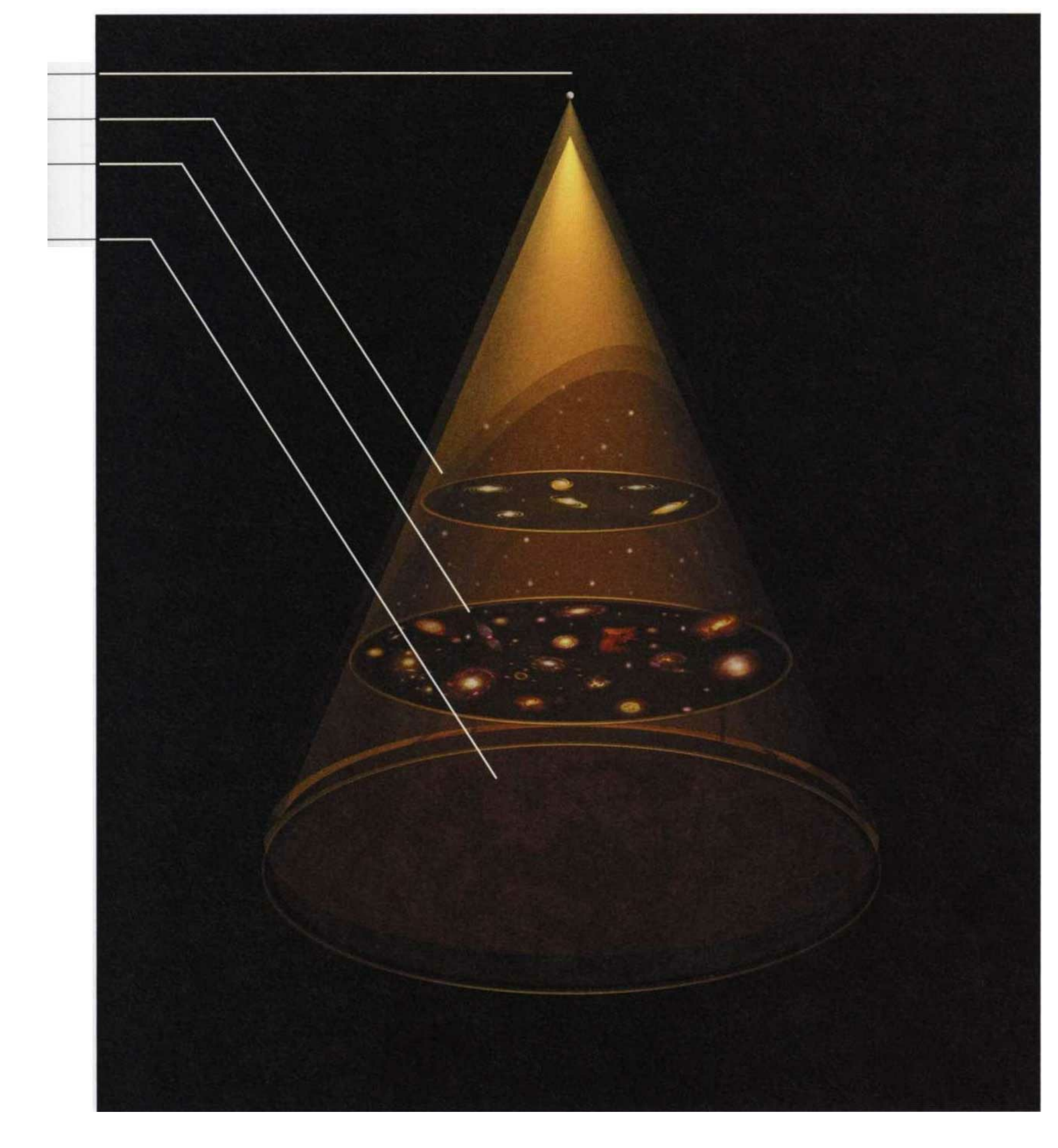


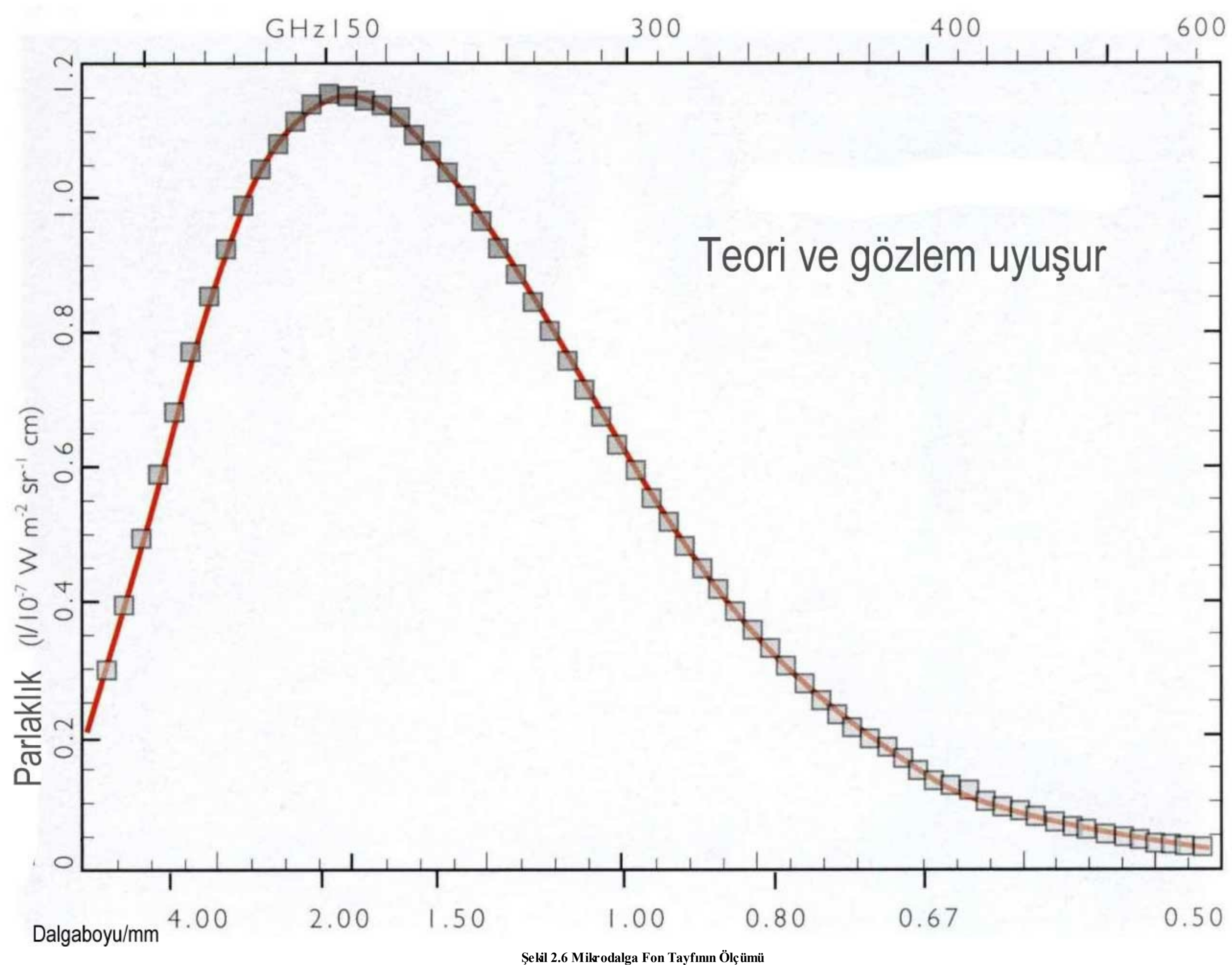

Şekil 2.5 Geçmiş Işık Konimiz

Uzaktaki galaksilere baktığımızda. ışık sonlu bir hızda ilerlediği için, evrene daha önceki bir zamanda bakmış oluruz. Eğer zamanı düşey doğrultu ile ve üç uzay yönünü de yatay olanak gösterirsek şu anda tepe noktasında bize ulaşan ışık bize doğru bir koni üzerinde ilerlemiştir.



**Aziz Augustine, dünyanın başlangıcından önce zamanın var olmadığına inanan beşinci yüzyıl düşünürü. De Civitate Dei adlı kitaptan bir sayfa, on ikinci yüzyıl. Riblioteca Lauronziana, Firenze.**

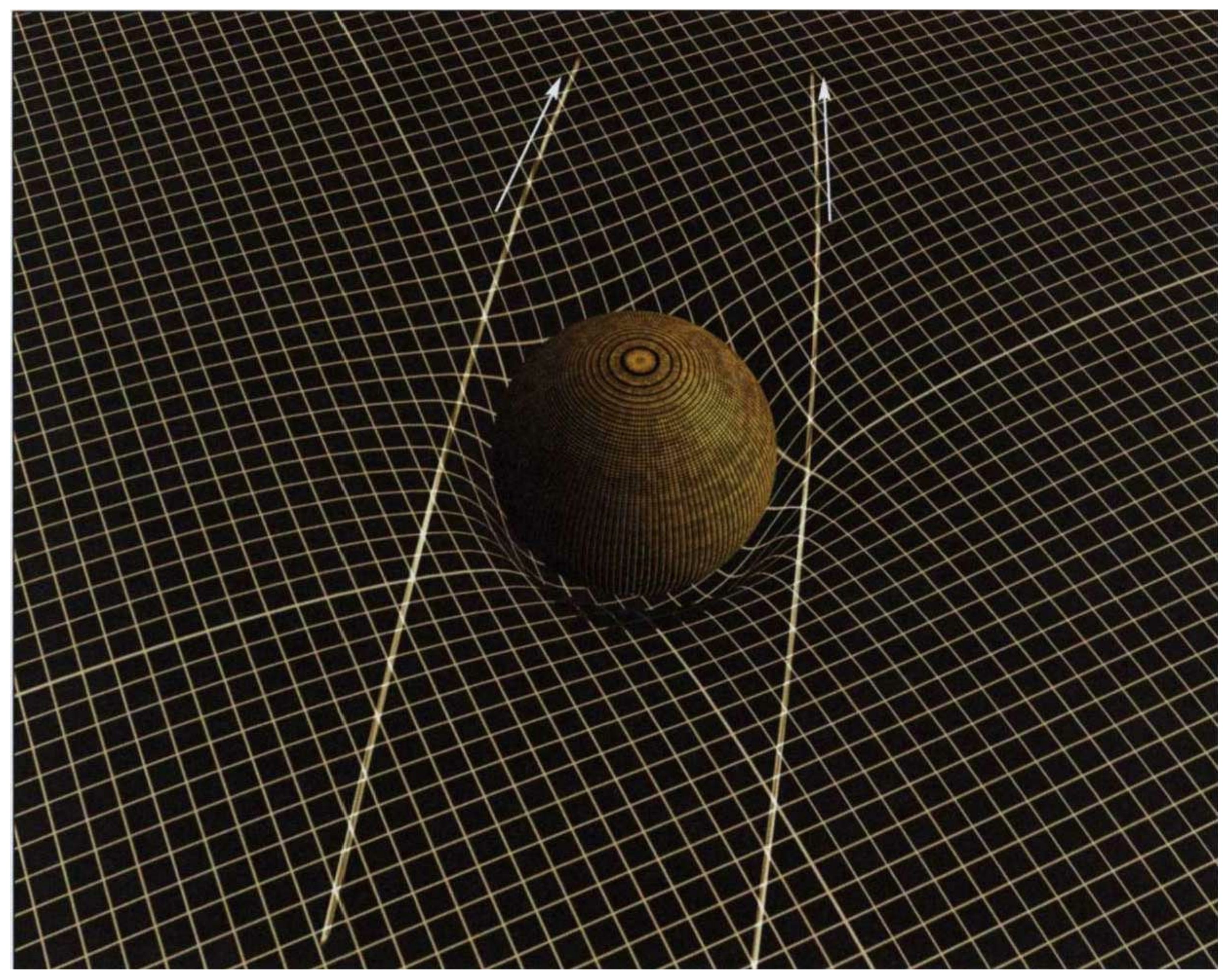





**Şekil 2.6 Mikrodalga Fon Tayfının Ölçümü**

*Kozmik altyapı radyasyonunun tayfi - yoğunluğun frekans ile dağılımı - sıcak bir kütleden kaynaklanan radyasyonun karakteristiğidir. Radyasyonun ısıl dengede bulunması için, maddenin onu birçok defa yaymış olması gerekir. Bu durum, geçmiş ışık konimizin içeriye doğru eğilmesi için, içerisinde yeterli madde bulunması gerektiğini belirtir.*

Şimdi, geçmiş ışık konimizi (Şekil 2.5), yani uzak galaksilerden gelen ışık ışınlarının şu anda bize ulaşan, uzay-zamandan geçen yolları düşünün. Zamanın yukarı, uzayın ise yanlara doğru belirtildiği böyle bir şemada tepe noktası, bizim bulunduğumuz yerde bir konidir. Geçmişe, tepe noktasından koninin aşağısına doğru gittiğimizde, galaksileri çok daha önceki zamanlarda görürüz. Evren genişlediği ve her şey eskiden birbirine daha yakın olduğu için, daha geriye baktığımızda aslında maddenin daha yüksek yoğunlukta bulunduğu bölgelere bakmış oluruz. Evrenin şimdikinden çok daha yoğun ve sıcak olduğu, çok daha önceki bir zamandan, geçmiş ışık konimiz boyunca bize doğru yayılan, hafif bir mikrodalga radyasyon fonu gözlemleriz. Alıcıları, farklı mikrodalga frekanslarına ayarlayarak, bu radyasyonun tayfını (frekans ile düzenlenen gücün dağılımını) ölçebiliriz. Mutlak sıfırın üzerinde, 2.7 derece sıcaklıktaki bir kütleden yayılan radyasyonun karakteristiği niteliğinde bir tayf buluruz. Bu mikrodalga radyasyonu, donmuş pizzanın buzlarını çözmek için yeterli değildir. Ancak tayfın, 2.7 derecedeki bir kütlenin yaydığı radyasyonunkiyle bu kadar kesin şekilde uyuşması, radyasyonun mikrodalga geçirmeyen bölgelerden gelmiş olması gerektiğini gösterir.

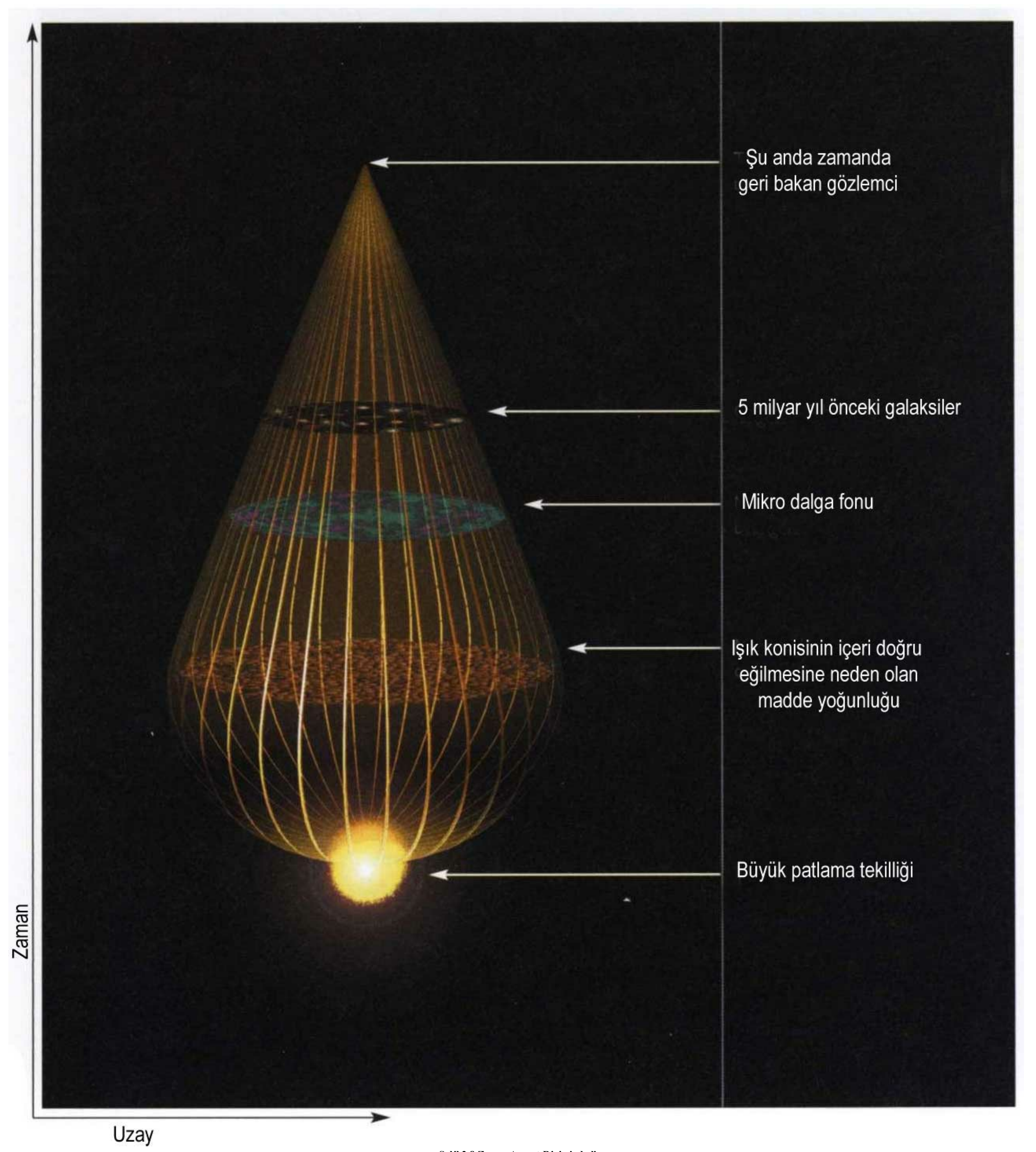


**Şekil 2.7 Uzay-Zamanın Bükülmesi**

*Kütle çekimi çekici olduğu için madde ışık ışınları birbirine doğru eğilecek şekilde uzay-zamanı her zaman büker.*

Böylece, geriye doğru izlendiğinde, geçmiş ışık konimizin belli bir miktar maddeden geçmesi gerektiği sonucuna varabiliriz. Bu madde miktarı, uzay-zamanı bükmek için yeterlidir, bu şekilde geçmiş ışık konimizdeki ışık ışınları birbirine doğru eğilir (Şekil 2.7).

Zamanda geriye doğru gidildiğinde, geçmiş ışık konimizin kesitleri maksimum boyutlara ulaşır ve yeniden küçülmeye haşlar. Geçmişimiz armut şeklindedir (Şekil 2.8).



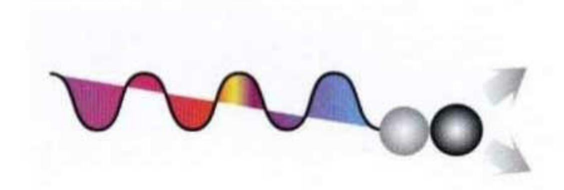

**Şekil 2.8 Zaman Armut Biçimindedir**

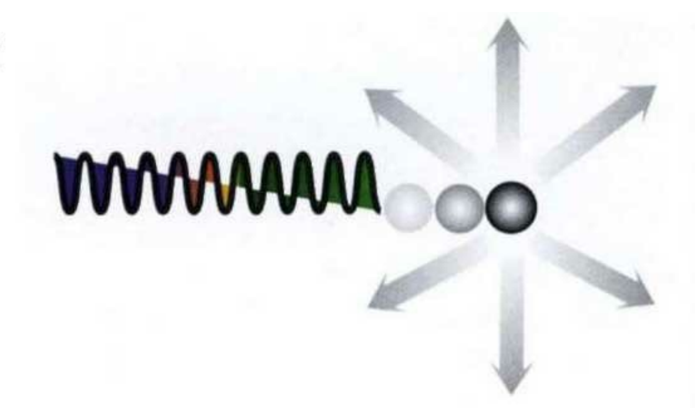
*Eğer geçmiş ışık konimiz zamanda geriye doğru izlenirse; evrenin erken zamanlarındaki madde tarafından içeri doğru eğilecektir. Gözlemlediğimiz evrenin tamamı, sınırı büyük patlamada sıfıra doğru küçülen bir bölgenin içindedir. Bu bir tekillik yani maddenin yoğunluğunun sonsuz olduğu ve klasik genel göreliliğin çökeceği bir yer olacaktır.*

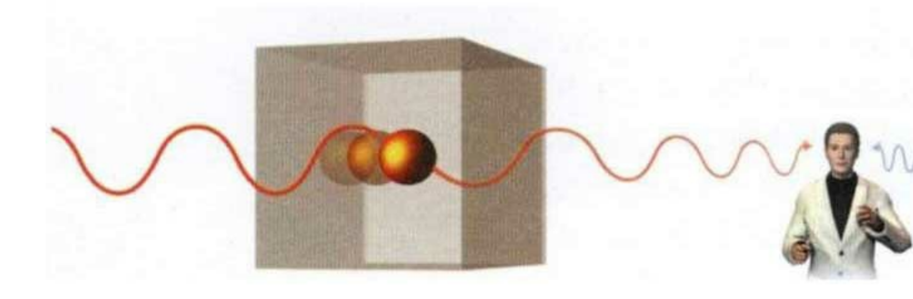
Geçmiş ışık konimizden daha da gerilere gidildiğinde, (...) maddenin pozitif enerji yoğunluğu, ışık ışınlarının birbirine daha güçlü şekilde eğilmesine yol açar. Işık konisinin kesiti, sonlu bir zamanda sıfıra doğru küçülecektir. Bu, geçmiş ışık konimizdeki bütün maddelerin, sınırları sıfıra doğru küçülen bir bölgede sıkışacağı anlamına gelir. Penrose ve benim, genel göreliliğin matematiksel modelinde, zamanın büyük patlama adlı bir başlangıcı olduğunu kanıtlayabileceğimiz de bu yüzden çok şaşırtıcı olmamalıdır. Benzer düşünceler, yıldızlar veya galaksilerin kara delikler oluşturmak üzere, kendi kütle çekimleri altında çöktüğünde, zamanın bir sonu olacağını gösteriyor. Kant'ın, zamanın evrenden bağımsız bir anlamının bulunduğu hakkındaki üstü kapalı varsayımına kapılmaktan kaçındık. Saf aklın çelişkisinden kaçındık. Zamanın bir başlangıcının var olduğunu kanıtlayan makalemiz, 1968'de Gravity Research Foundation'ın sponsorluğunu üstlendiği yarışmada ikincilik ödülünü kazandı ve Roger ile ben 300 dolarlık görkemli ödülü paylaştık. O yılki diğer ödüllerin pek önemli bir değere sahip olduklarını sanmıyorum.

Çalışmamıza çeşitli tepkiler geldi. Çalışmamız birçok fizikçinin neşesini kaçırdı. Buna karşılık, bilimsel bir kanıt ortaya çıktığı için, yaradılışa inanan dini liderleri memnun etti. Lifshitz ve Khalatnikov bu sırada kötü bir konumdaydı. Kanıtladığımız matematiksel önermelere karşı açıklamadılar, ancak Sovyet sistemi altında yanıldıklarını ve Batı biliminin haklı olduğunu da itiraf edemediler. Bununla birlikte, önceki çözümleri gibi özel olmayan, bir tekillik içeren, daha genel bir çözüm ailesi bularak durumu kurtardılar. Bu tekilliklere ve zamanın başlangıç veya sonuna bir Sovyet buluşu olarak, sahip çıkmalarına olanak tanıdı.



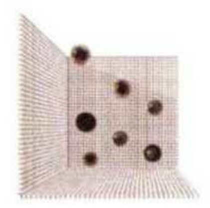




*Kuantum kuramının bulunuşundaki önemli bir adım. Max Planck'ın 1900'deki, ışığın her zaman parçacık (quanta) adını verdiği küçük paketler halinde geldiği önermesidir. Planck'ın kuantum hipotezi, sıcak kütlelerden kaynaklanan radyasyon çeşitlerinin gözlemlenmesini açıklıyordu. Ancak imaları, 1920'lerin ortalarında Alman fizikçi Wemer Heisenberg ünlü belirsizlik ilkesini fomülleştirinceye kadar, tam olarak anlaşılmadı. Heisenberg, Planck'ın hipotezinin, bir parçacığın konumu ne kadar kesin biçimde ölçülmeye çalışılırsa, vektörel hızının o kadar az kesinlikte ölçülebileceğini ve vektörel hızı ne kadar kesin biçimde ölçülmeye çalışılırsa, konumunun o kadar az kesinlikte ölçülebileceğini ima ettiğini belirtti (vektörel hız terimini bundan sonra kısaca hız olarak ifade edeceğiz, Ç.N.)*

*Daha kesin olarak; bir parçacığın konumundaki belirsizliğin, momentumundaki belirsizlikle çarpımının, bir ışık kuantumundaki enerji içeriği ile yakından ilişkili bir nicelik olan Planck sabitinden her zaman büyük olması gerektiğini gösterdi.*

## HEISENBERG'IN BELİRSİZLİK EŞİTLİĞİ







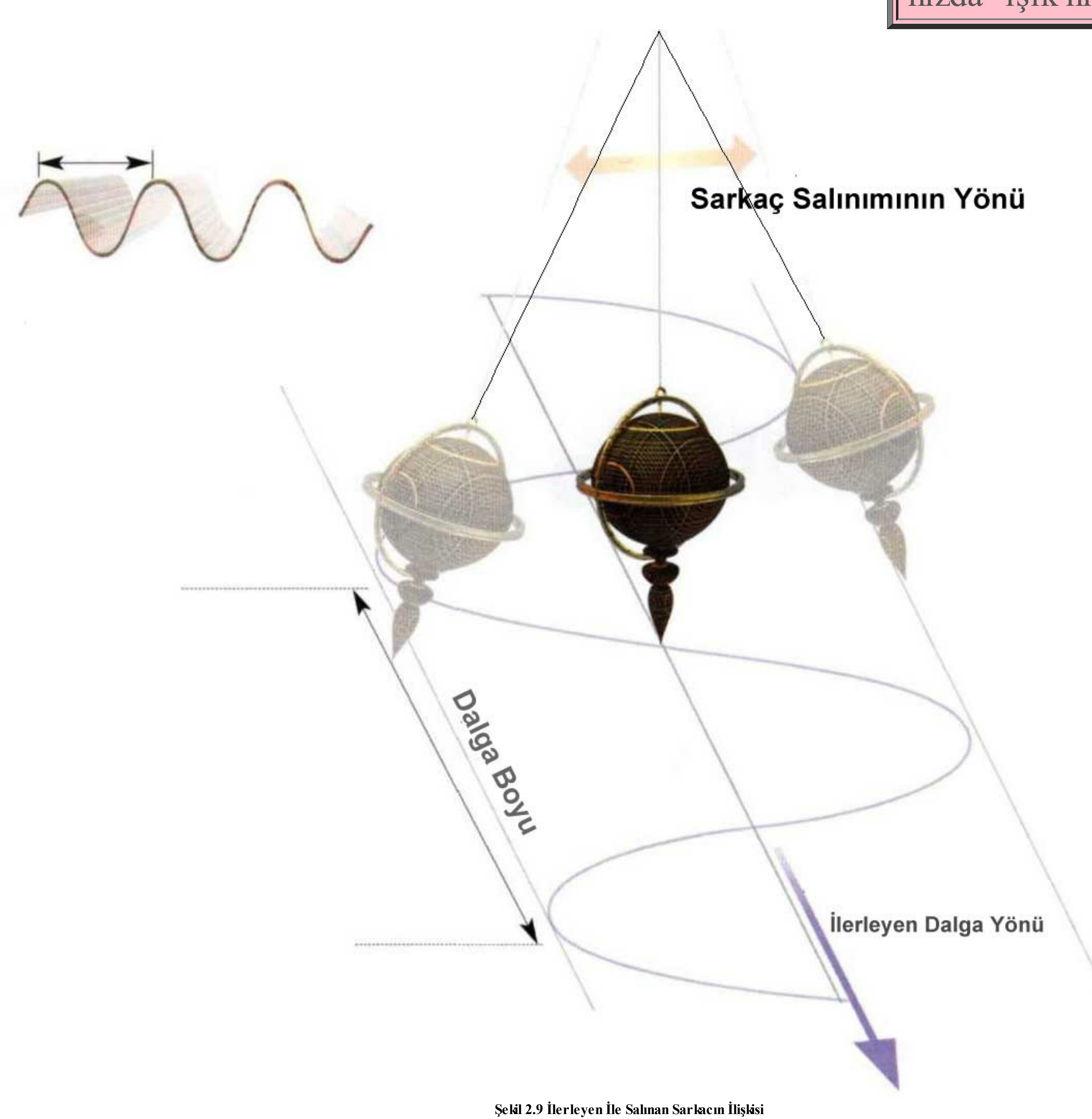
Çoğu fizikçi zamanın bir başlangıcı veya sonu olduğu fikrini içgüdüsel olarak hâlâ kabullenemiyordu. Bu nedenle, matematiksel modelin bir tekillik yakınındaki uzay-zamanın iyi bir tanımı olmasının beklenemeyebileceğini savundular. Bunun sebebi, kütle çekim kuvvetini tanımlayan genel göreliliğin (Bölüm 1'de de belirttiğimiz gibi), klasik bir kuram olması ve bildiğimiz diğer tüm kuvvetleri etkileyen kuantum kuramının belirsizliğini kapsamamasıydı. Bu tutarsızlık, çoğu zaman, evrenin çoğunda önemli değildir. Çünkü uzay-zamanın büküldüğü ölçek çok büyüktür ve kuantum etkilerinin önemli olduğu ölçek ise çok küçüktür. Ancak bir tekillik yakınında bu iki ölçek kıyaslanabilecek ve kuantum etkileri önemli olacaktır. Penrose ve benim tekillik önermelerimizin ortaya koyduğu olgu, klasik uzay-zamanımızın kuantum kütle çekiminin önemli olduğu bölgeler vasıtasıyla geçmişe ve olasılıkla da geleceğe bağlı olmasıdır. Evrenin başlangıcı ve kaderini anlamak için, kütle çekim ile ilgili bir kuantum kuramına ihtiyacımız vardır. Üstelik bu, kitabın ağırlıklı konusu olacaktır.

Sonlu sayıda parçacığa sahip, atom gibi sistemlerle ilgili kuantum kuramları, 1920'lerde Heisenberg, Schrödinger ve Dirac tarafından formülleştirildi. (Dirac Cambridge'deki sandalyemin önceki bir başka sahibiydi, ancak bu sandalye henüz motorlu değildi.) Bunun birlikte, kuantum fikirleri elektrik, manyetizma ve ışığı tanımlayan Maxwell alanına genişletildiğinde zorluklarla karşılaşıldı.

**Maxwell Alanı**

İngiliz fizikçi James Clerk Maxwell 1865'te elektrik ve manyetizmanın bilinen bütün kanunlarını birleştirdi. Maxwell'ın kuramı, eylemleri bir yerden diğerine ileten "alanlar"ın

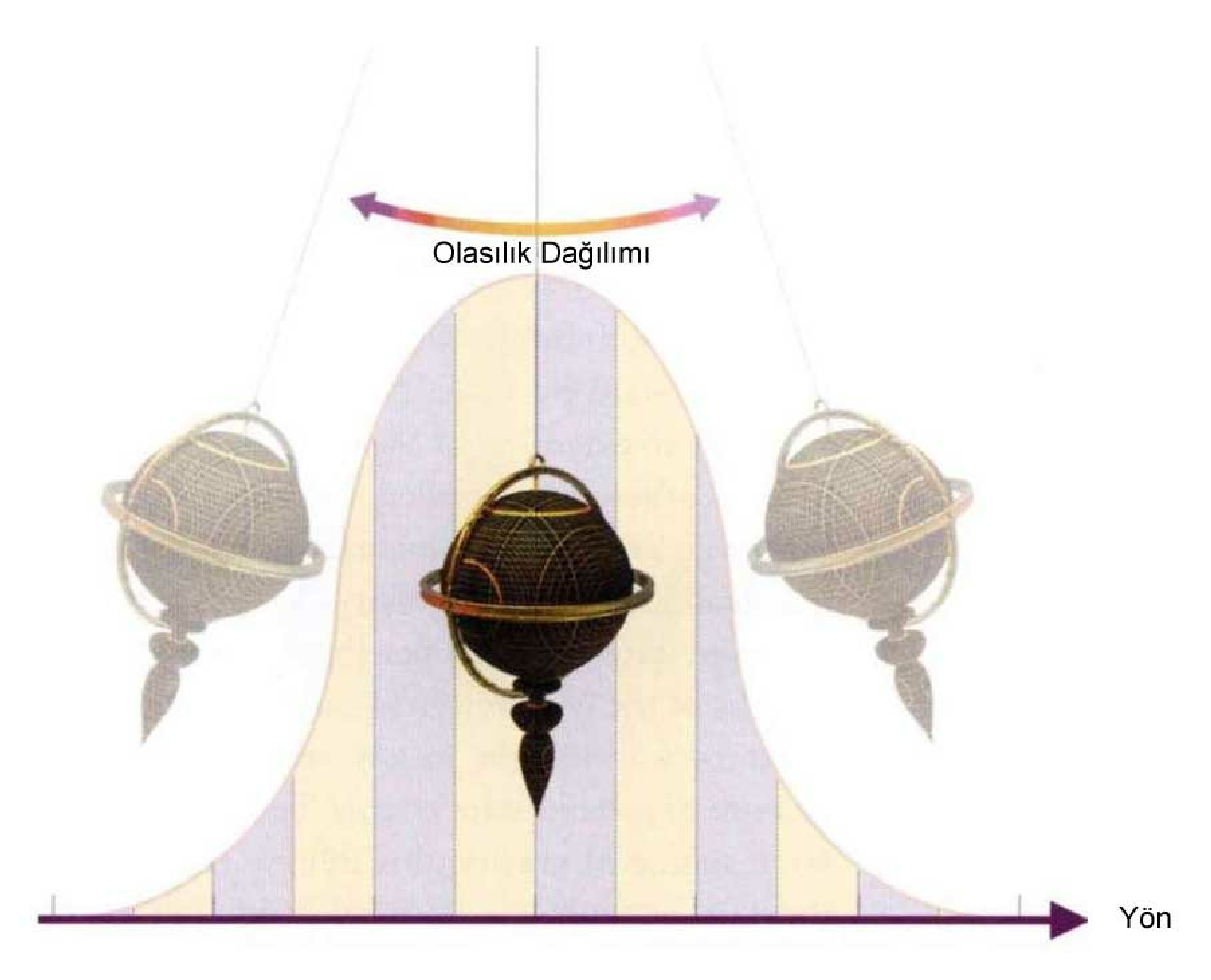
varlığına dayanır. O elektriksel ve manyetik karışıklıkları ileten alanların dinamik varlıklar olduğunu fark etmiştir. Bunlar salınım yapabiliyor ve boşlukta hareket edebiliyorlardı. Maxwell'in elektromanyetizma sentezi bu alanların dinamiklerini belirleyen iki eşitlikte toplanabilir. Kendisi de büyük ilk sonucu bu alanlardan çıkarmıştır her frekanstaki elektromanyetik dalgalar boşlukta aynı sabit hızda -ışık hızında - ilerler.




**Şekil 2.9 İlerleyen İle Salınan Sarkacın İlişkisi**

*Elektromanyetik radyasyon, elektriksel ve manyetik alanları dalganın hareket yönüne dik yönlerde bir sarkaç gibi salınım yaparak, boşlukta bir dalga biçiminde ilerler. Bu ışınım farklı dalga boylarındaki alanlardan meydana gelebilir.* Maxwell alanının farklı dalga boylarından (bir dalga tepesi ile diğeri arasındaki mesafeden) meydana geldiği düşünülebilir. Alan, bir dalgada bir sarkaç gibi bir değerden diğerine salınır (Şekil 2.9).

Kuantum kuramına göre, bir sarkacın en alt konumu (ground State) veya en düşük enerji durumu, sadece en düşük enerji noktasında durarak doğrudan yeri işaret etmez. Bunun hem belirli bir konumu hem de sıfır değerinde belirli bir hızı olacaktır. Bu durum, hem konumun hem de hızın aynı anda ölçülmesini yasaklayan belirsizlik ilkesinin çiğnenmesidir. Konumdaki belirsizliğin, momentumdaki belirsizlikle çarpımı, Planck sabiti olarak bilinen, belirli bir nicelikten büyük olmalıdır, ki bu sayının yazılması çok uzun sürdüğü için, onun yerine h simgesini kullanırız.

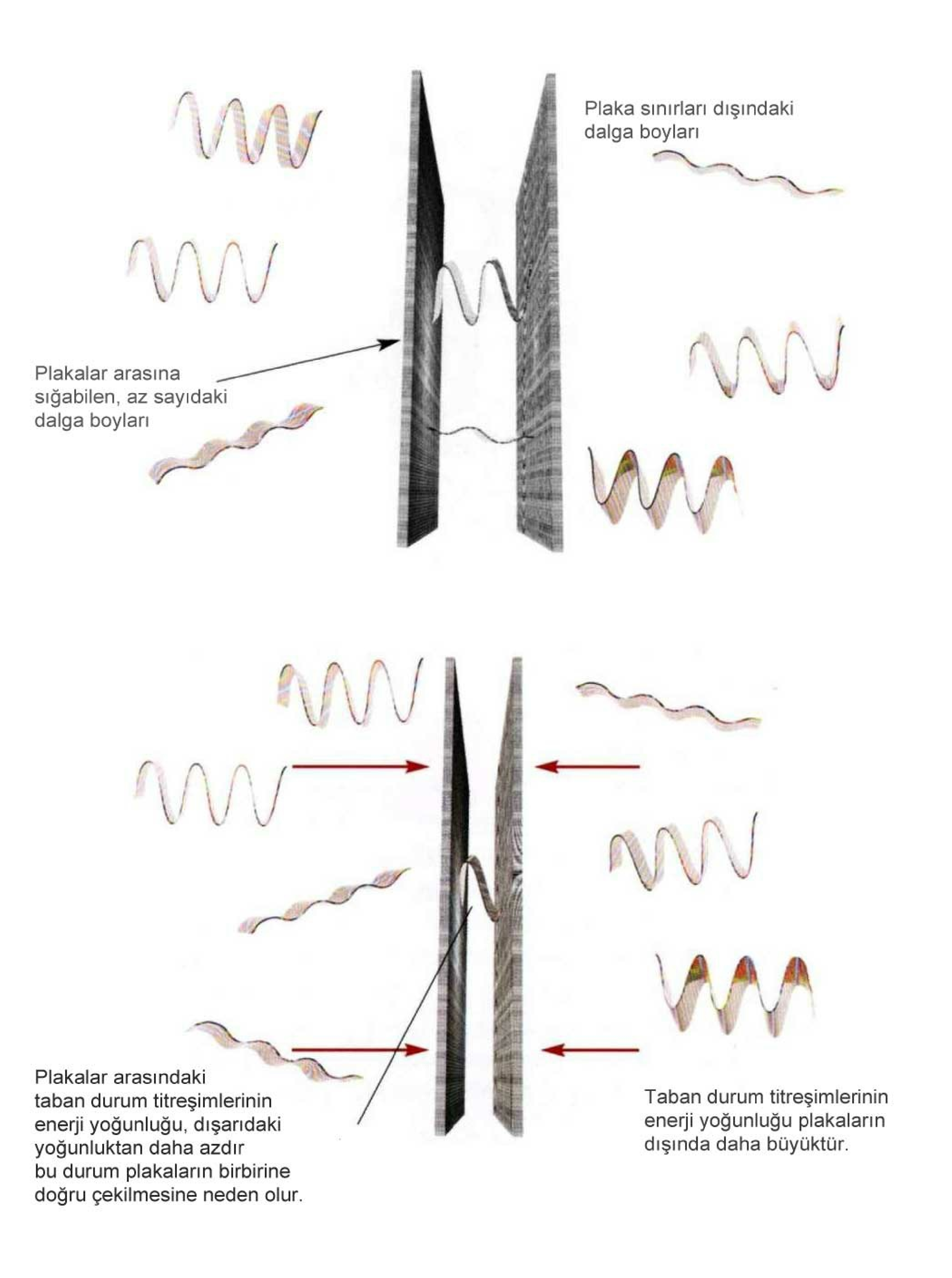



**Şekil 2.10 Olasılık Dağılımı İle Sarkacın İlişkisi**
*Heisenberg ilkesine göre; bir sarkacın sıfır hızla, mutlak şekilde doğrudan yeri işaret etmesi olanaksızdır. Kuantum kuramı, sarkacın, en düşük enerji konumunda bile, minimum miktarda titreşmesi gerektiğini öngörür.*
*Yani, sarkacın konumu, bir olasılık dağılımı ile belirlenecektir. Taban halinde, en büyük olasılığa sahip konum, aşağı doğru yönlenir. Ancak düşeyle küçük bir açı yapma olasılığı da vardır.*

Yani bir sarkacın en alt konumu veya en düşük enerjili durumunun, sanıldığı gibi, sıfır enerjisi yoktur. Bir sarkacın veya salınım yapan herhangi bir sistemin en alt konumunda bile, minimum miktarda, belirli bir sıfır noktası titreşimleri olmalıdır. Bunlar, sarkacın doğrudan yeri göstermek zorunda olmadığı, ayrıca düşeye yakın küçük bir açı da yapabileceği anlamına gelir (Şekil 2.10). Maxwell alanındaki dalgalar, boşlukta veya en düşük enerji durumunda bile, benzer biçimde, tam olarak sıfırlanmaz ve küçük boyutlara sahip olabilir. Sarkacın veya dalganın frekansı (dakikadaki salınımı) ne kadar yüksek olursa, taban durumunun enerjisi de o kadar yüksek olur.

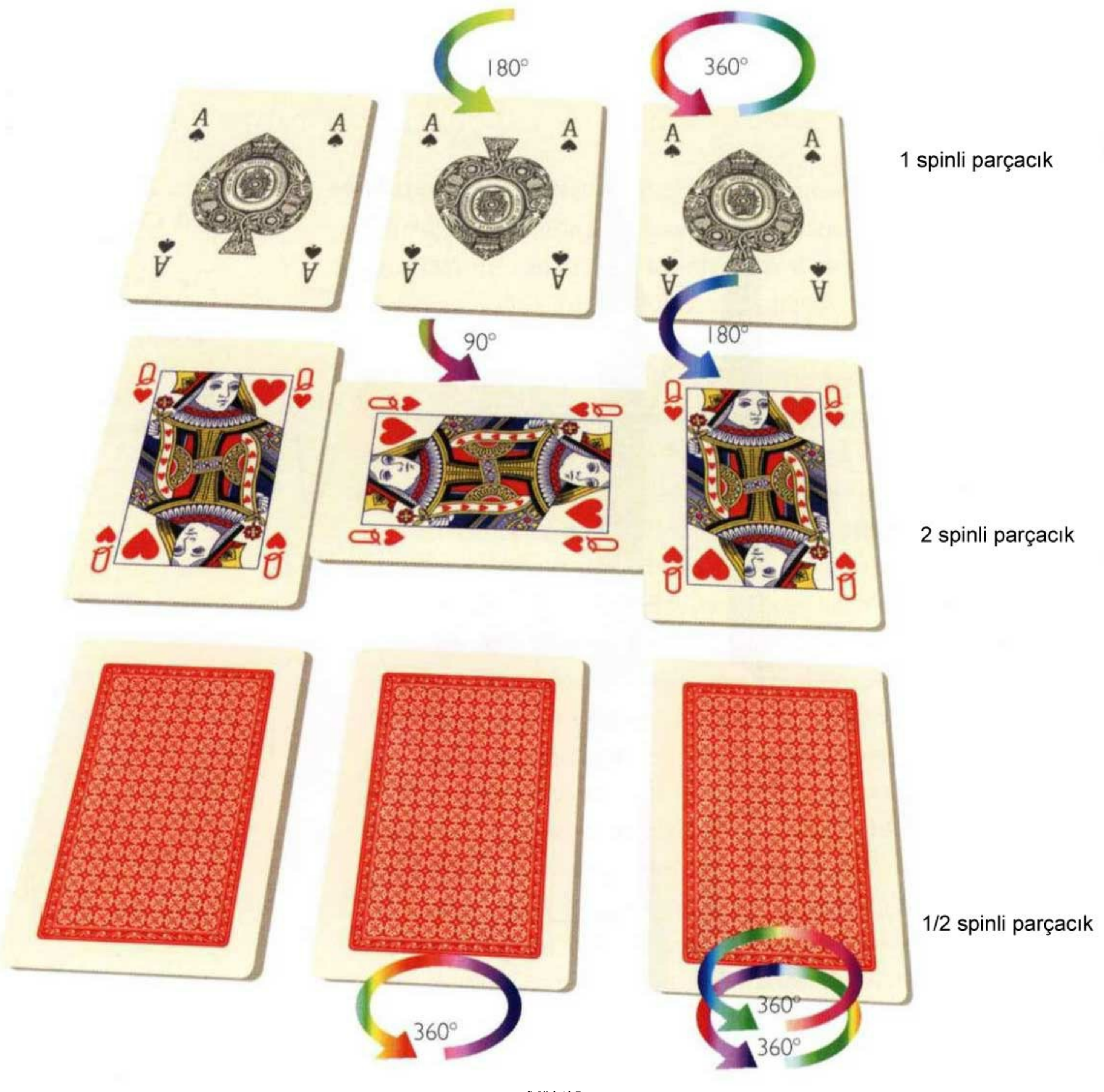
Maxwell ve elektron alanlarındaki taban durum titreşimlerinde yapılan hesaplamalar, elektronun kütle ve yükünün sonsuz olduğunu ortaya çıkarmıştır, ancak gözlemler bunu göstermez. Bununla birlikte, Richard Feynman, Julian Schwinger ve Schinichiro Tomanaga gibi fizikçiler, 1940'larda bu sonsuzlukların ortadan kaldırılması veya "çıkarılması" ve kütle ile yükün sadece gözlenen sonlu değerleri ile uğraşmak için tutarlı bir yol geliştirdiler. Yine de, taban durum titreşimleri, hâlâ ölçülebilen ve yapılan deneyle uyuşan küçük etkilere neden oluyordu. Sonsuzlukların ortadan kaldırılması için benzer çıkarma tasarıları Chen Ning Yang ve Robert Mills tarafından ileri sürülen kuramdaki Yang-Mills alanında işe yarıyordu. Yang-Mills kuramı, Maxwell kuramının, zayıf ve güçlü nükleer kuvvetler adı verilen diğer iki kuvveti tanımlayan bir uzantısıdır. Bununla birlikte, taban durum titreşimlerinin kütle çekimi ile ilgili bir kuantum kuramında çok daha ciddi bir etkisi vardır. Her bir dalga boyunun yine bir taban durum enerjisi olacaktır. Maxwell alanının dalga boylarının kısalığı hakkında bir kısıtlama olmadığı için, uzay-zamanın herhangi bir bölgesinde sonsuz sayıda dalga boyu ve sonsuz miktarda taban durum enerjisi vardır. Enerji yoğunluğu, madde gibi bir kütle çekim kaynağı olduğu için, bu sonsuz enerji yoğunluğu, evrende uzay-zamanı tek bir noktaya bükmek için yeterli kütle çekimi bulunduğu anlamına gelmelidir, ki bu açıkça gerçekleşmemiştir.

Taban durum titreşimlerinin, bir kütle çekim etkisinin bulunmadığı söylenerek, gözlem ve kuram arasındaki çelişki gibi görünen sorunun çözülmesi umulabilir. Ancak, bu işe yaramaz. Taban durum titreşimlerinin enerjisi, Casimir etkisiyle belirlenebilir. Eğer bir çift metal plakayı birbirine yakın paralellikte tutarsanız, plakalar arasındaki dalga boyu sayısının, dış taraftakilere göre biraz azalması gibi bir etki oluşur. Yani, plakalar arasındaki taban durum titreşimlerinin enerji yoğunluğu, hâlâ sonsuz olsa da, dış tarafta bulunan enerji yoğunluğundan sonlu bir değer kadar daha azdır (Şekil 2.11). Enerji yoğunluğundaki bu fark, plakaları birbirine çeken bir kuvveti ortaya çıkarır ve bu kuvvet deneysel olarak da gözlemlenmiştir. Kuvvetler tıpkı madde gibi, genel görelilikteki bir kütle çekim kaynağıdır, bu yüzden, bu enerji farkının kütle çekim etkisini yoksaymak tutarlı olmayacaktır.


Plaka sınırları dışındaki
dalga boyları
Plakalar arasına
sığabilen, az sayıdaki
dalga boyları
Plakalar arasındaki
taban durum titreşimlerinin
enerji yoğunluğu, dışarıdaki
yoğunluktan daha azdır
bu durum plakaların birbirine
doğru çekilmesine neden olur.
Taban durum titreşimlerinin
enerji yoğunluğu plakaların
dışında daha büyüktür.

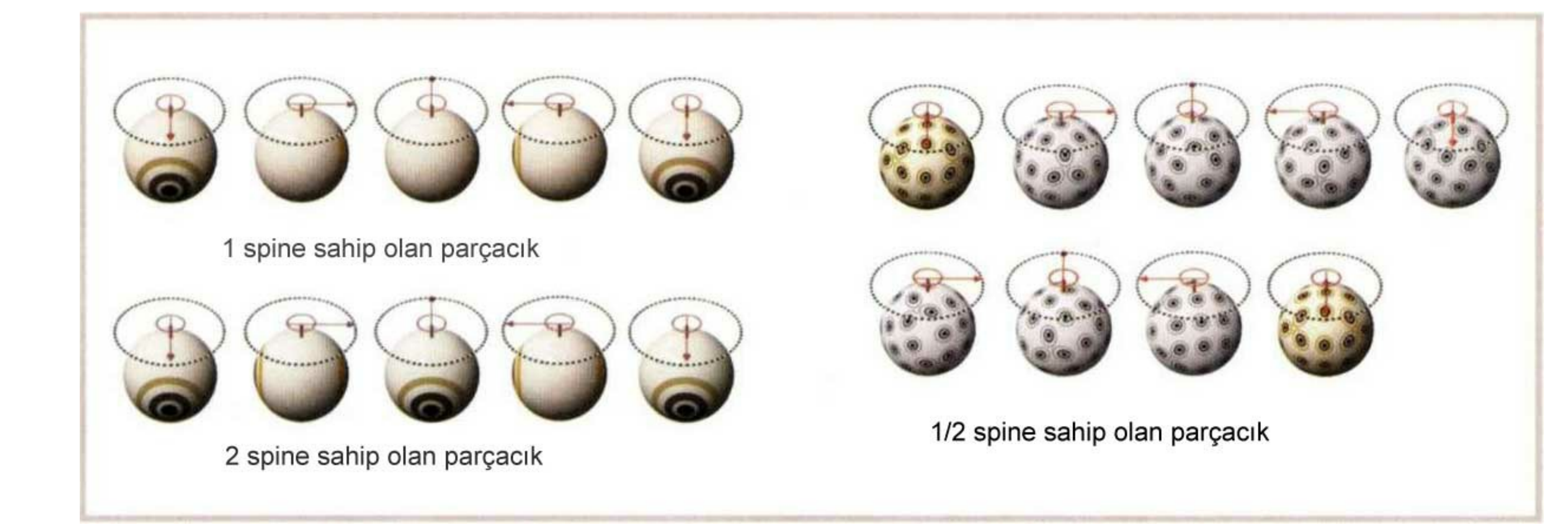
**Şekil 2.11 Casimir Etkisi**

*Taban durum titreşimlerinin varlığı, paralel metal plakalar arasındaki küçük bir kuvvet olan Casimir etkisi ile, deneysel olarak doğrulanmıştır.*




**Şekil 2.12 Dönme**

Bütün parçacıkların, farklı yönlerden görünüşü ile ilgili, dönme (spin) adı verilen bir özelliği vardır. Buna, bir paket oyun kağıdı ile örnek verebiliriz. Önce maça asını düşünün. Bu, sadece tam bir tur veya 360 derece döndürürseniz aynı görünür. Bu nedenle bir spinli olduğu söylenir.
Buna karşın, kupa kızının iki başı vardır. Bu nedenle sadece yarım tur. yani 180 derece döndürülürse aynı olur.
Bu, iki spinlidir denir. Benzer şekilde, daha küçük dönüş kesirlerinde aynı görünecek üç veya daha fazla spinli nesneler düşünülebilir.
Spin ne kadar yüksek olursa, parçacığın aynı görünmesi için gereken tam bir turun kesri de o kadar küçük olur. Ancak dikkate değer bir gerçek sadece tam iki tur döndürdüğünüzde aynı görünen parçacıkların bulunmasıdır. Böyle parçacıklar 1/2 spine sahiptir.



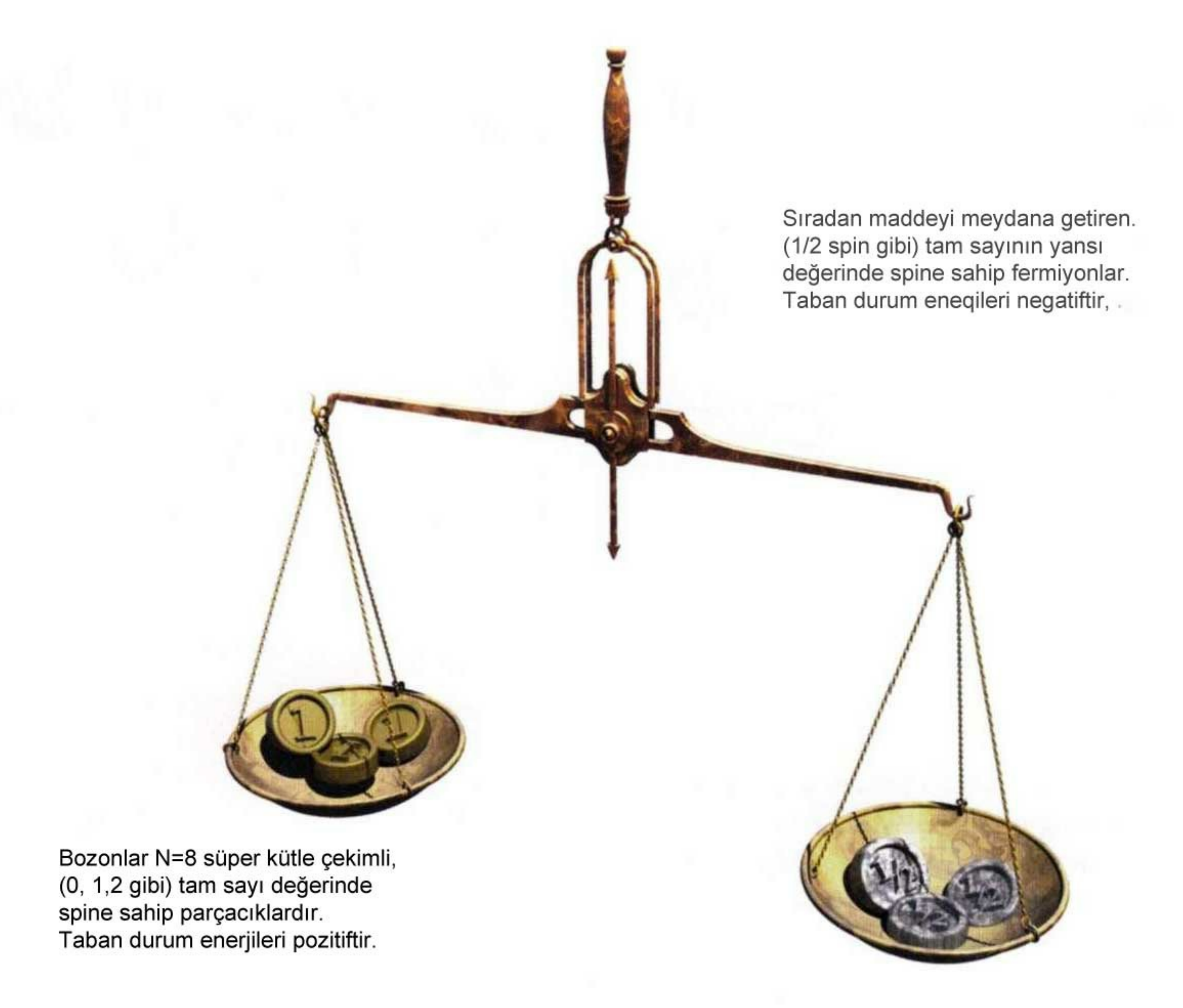

Bu problemin olası başka bir çözümü de; Einstein'ın, evrenin durağan bir modelini elde etmek amacıyla ortaya koyduğu gibi, kozmolojik bir sabitin bulunduğu varsayımına dayanır. Eğer bu sabitin sonsuz, negatif bir değeri olsaydı, serbest uzaydaki taban durum enerjilerinin sonsuz pozitif değerlerini etkisiz kılabilirdi. Ancak bu evrensel sabit, duruma özel gibi görünür, üstelik sıra dışı bir kesinliğe ayarlanması gereklidir.

Neyse ki 1970'te, taban durum titreşimlerinden kaynaklanan sonsuzlukları etkisiz kılmak için, doğal, fiziksel bir mekanizma sağlayan, tamamen yeni bir tür simetri bulundu. Süper simetri, modern matematiksel modellerimizin çeşitli yollarla tanımlanabilecek bir özelliğidir. Bu yollardan biri, uzay zamanın, gördüğümüz boyutların yanında, ek boyutlara da sahip olduğunu söylemektir. Bunlar sıradan gerçek sayılar yerine, Grassmann değişkenleri olarak adlandırılan sayılarla ölçüldüklerinden Grassmann boyutları olarak adlandırılırlar. Sıradan sayılar yer değiştirir, yani, bunları çarpma sıranız far etmez: 6 kere 4, 4 kere 6 ile özdeştir. Ancak Grassmann değişkenleri, biri zıt işaret almak üzere yer değiştirir: x kere y, -y kere x ile aynıdır.

Süper simetri ilk defa bir uzay-zamandaki hem sıradan sayı boyutlarının hem de Grassmann boyutlarının eğri değil, düz olduğu madde alanları ve Yang-Mills alanlarındaki sonsuzlukların ortadan kaldırılması için düşünüldü. Ancak bunun eğri olan sıradan sayılara ve Grassmann boyutlarına genişletilmesi doğaldı. Bu durum, farklı miktarlarda süper simetriye sahip, süper kütle çekimi adı verilen kuramları ortaya çıkardı. Süper simetrinin sonuçlarından biri ise, her alan veya parçacığın kendisininkinden 1/2 büyük veya 1/2 küçük bir spine sahip bir "süper eş"inin bulunmasının gerekmesidir.

**SIRADAN SAYILAR**
**AXB=BXA**

**GRASSMAN SAYILARI**
**AXB=-BXA**



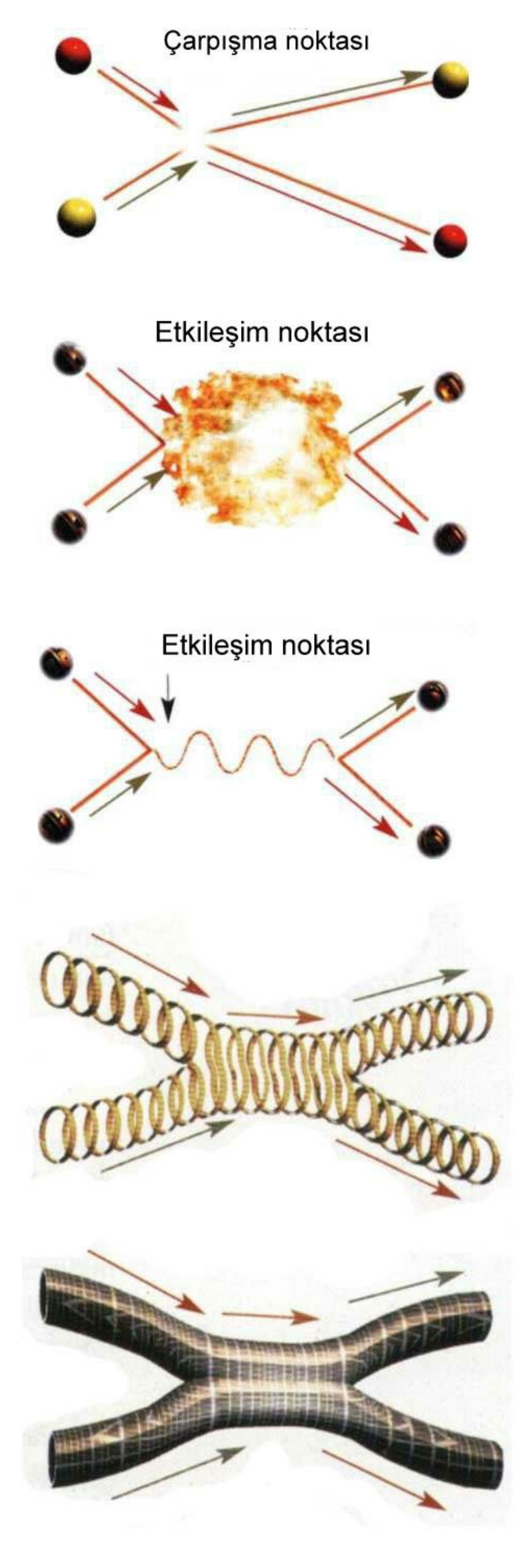

**Şekil 2.13**

Evrendeki bilinen bütün parçacıklar, iki gruptan birine fermiyonlara (fermion) veya bozonlara (boson) aittir. Fermiyonlar (1/2 spin gibi) tam sayının yarısı değerinde spine sahiptir ve sıradan maddeyi meydana getirir. Taban durum enerjileri negatiftir.

Bozonlar (0, 1, 2 gibi) tam sayı değerinde spine sahip parçacıklardır ve bunlar fermiyonlar arasındaki, kütle çekim kuvveti ve ışık gibi kuvvetleri ortaya çıkarır. Taban durum enerjileri pozitiftir. Süper kütle çekimi kuramı, her bir fermiyon ve her bir bozonun kendisinininkinden 1/2 büyük veya 1/2 küçük spine sahip bir süper eşin olduğunu varsayar. Örnek olarak bir foton (ki bu bir bozondur) "bir" değerinde bir spine sahiptir. Fotonun süper eşi fotino (photino) 1/2 değerinde spine sahiptir ve bu durum onu bir fermiyon yapar. Bu nedenle, taban durum enerjisi negatiftir.

Bu süper kütle çekimi düzeninde, eşit sayıda bozon ve fermiyon bulunduğu sonucuna varırız. Bozonların taban durum enerjilerinin pozitif tarafta ağırlıklı olması ve fermiyonların negatif tarafta olması ile, en alt durum enerjileri birbirini etkisiz kılarak en büyük sonsuzlukları ortadan kaldırır.

1 Eğer nokta parçacıklar, bilardo topları gibi, ayrık öğeler şeklindeyse, ikisi çarpıştığında yolları yeni iki yörüngeye sapar.

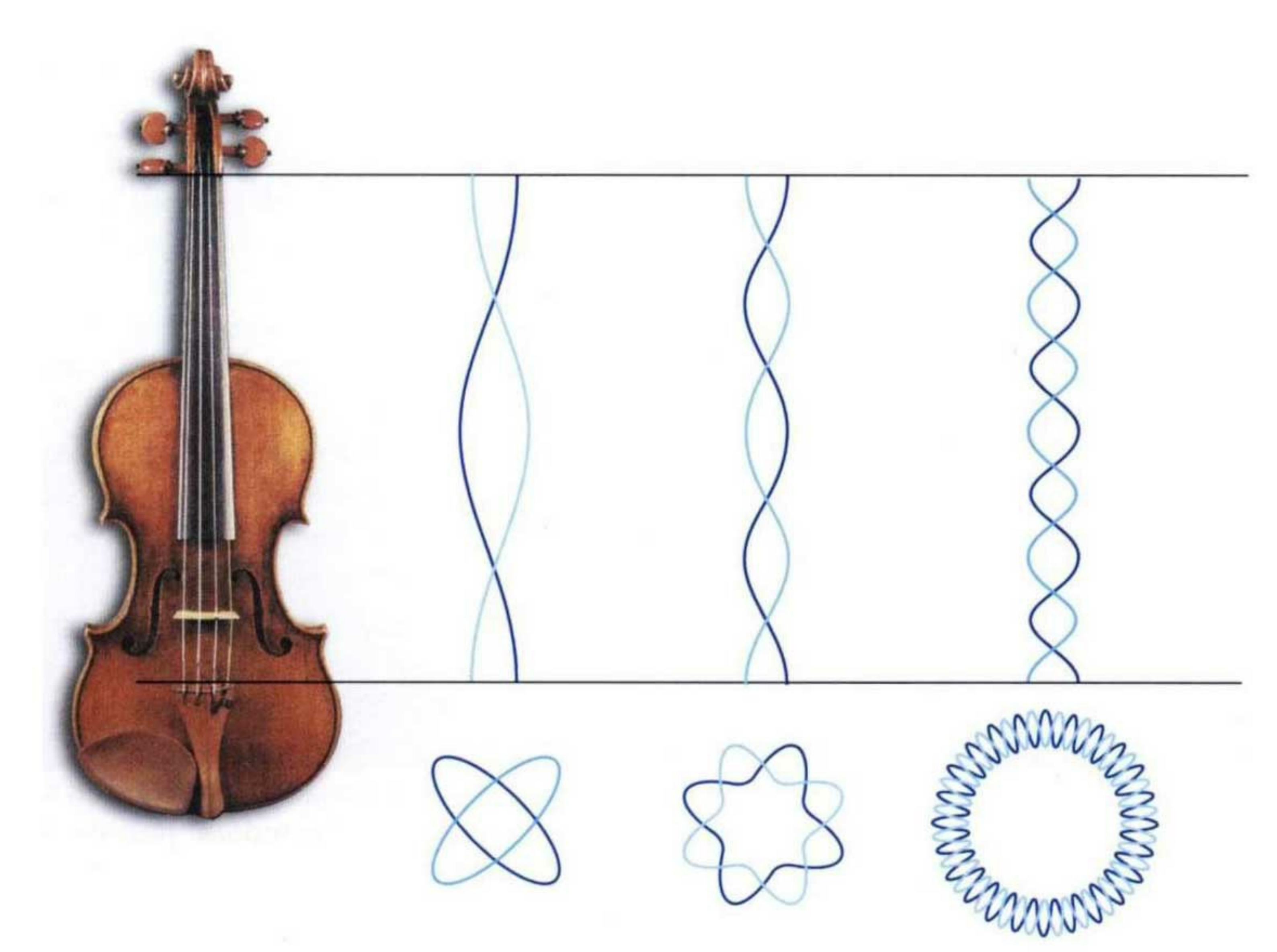



2 Her ne kadar etkisi daha önemli olsa da, bu durum iki parçacık etkileştiğinde ortaya çıkan olaydır.

3 Kuantum alanı kuramı bir elektron ve anti parçacığın, yani pozitron gibi iki parçacığın çarpışmasını gösteriyor. Bu şekilde birbirini büyük bir enerji patlamasıyla çabucak yok ederek bir foton yaratırlar. Bu, daha sonra enerjisini salarak başka bir elektron-pozitron çifti üretir. Hâlâ yeni iki yörüngeye sapmış gibi görünürler.

4 Bu durum, parçacıkların sıfır boyutlu noktalar değil, bir elektron ile pozitron gibi salınım yapan döngülerin titreştiği tek boyutlu sicimler olduğunu gösterir. Çarpıştıklarında ve birbirlerini yok ettiklerin de farklı bir titreşim örüntüsüne sahip yeni bir sicim yaratırlar. Sicim enerjisini salarak yeni yörüngelerde ilerlemeye devam eden iki sicime bölünür.

5 Eğer, bu orijinal sicimler farklı anlarda değil de, zaman içerisinde kesintisiz bir geçmiş olarak izlenirse, sonuçta oluşan sicimler, bir sicim dünyası yaprağı olarak görülür.



Spini tam sayı olan (0, 1, 2, vb.) bozonların taban durum enerjileri pozitiftir. Buna karşılık, yarım sayılı (1/2, 3/2, vb.) spine sahip fermiyonların taban durum enerjileri negatiftir. Eşit sayıda bozon ve fermiyon bulunduğu için, en büyük sonsuzluklar süper kütle çekim kuramlarında ortadan kalkar (Şekil 2.13).

Geriye, daha küçük, ama hâlâ sonsuz niceliklerin bırakılmış olabileceği olasılığı kalıyordu. Kimsenin, bu teorilerin, gerçekten de tam olarak sonlu olup olmadığını hesaplayacak sabrı yoktu. İyi bir öğrencinin bunu hesaplamasının iki yüz yıl süreceği tahmin ediliyordu. Üstelik daha ikinci sayfada bir hata yapmadığını nereden bilecektiniz ki? 1965'e kadar, çoğu kişi, hızla süper simetrik süper kütle alanlarında sonsuzluk olamayacağı inancındaydı.

Bu inanç, ansızın değişiverdi. İnsanlar, süper kütle çekim kuramlarında sonsuzluğun olmaması için hiçbir sebep bulunmadığını kavradı. Dahası bu, onların kuram olarak, ölümcül hatalar taşıdığı anlamına geliyordu. Süper simetrik sicim kuramının, kütle çekim ile kuantum kuramını birleştirmenin tek yolu olduğu söyleniyordu. Sicimler, tıpkı gündelik deneyimlerdeki adaşları gibi, tek boyutta uzanan nesnelerdir. Sadece uzunlukları vardır. Sicim teorisindeki sicimler, fondaki bir uzay zamanda hareket ederler. Sicimlerdeki dalgalanmalar parçacıklar olarak yorumlanır (Şekil 2.14).

**Şekil 2.14 Sicim Salınımları**

*Sicim teorisindeki temel nesneler, boşlukta tek bir nokta kaplayan parçacıklar değil, tek boyutlu sicimlerdir. Bu sicimlerin uçları olabilir veya kapalı ilmiklerle kendileri ile birleşebilirler.*

*Sicim kuramındaki sicimler, tıpkı bir keman teli gibi, dalga boyları iki uca tam olarak denk gelen, belirli titreşim desenlerini veya rezonans frekanslarını destekler.*

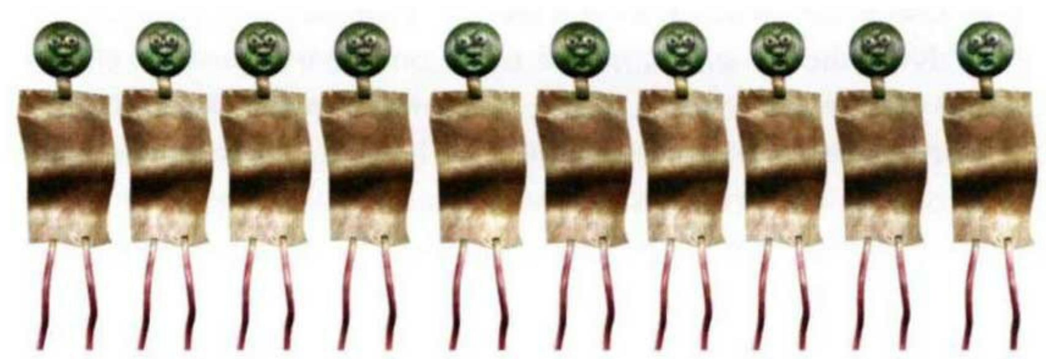
*Ancak keman tellerinin farklı rezonans frekansları farklı notalar çıkarırken, bir sicimin farklı salınımları temel parçacıklar olarak yorumlanan farklı kütlelere ve kuvvet yüklerine neden olur. Kabaca, sicimdeki salınımın dalga boyu ne kadar kısa olursa, parçacığın kütlesi de o kadar büyük olur.*

Eğer sicimlerin sıradan sayı boyutları olduğu kadar Grassmann boyutları da varsa, dalgalanmalar bozonlara ve fermiyonlara karşılık gelir. Pozitif ve negatif taban durum enerjileri bu durumda birbirini o kadar etkisiz kılacaktır ki, küçük bile olsa, hiçbir sonsuzluk bulunmayacaktır. Sicimlerin, Her Şeyin Kuramı (Theory of Everything) - TOE olduğu iddia ediliyordu.

Gelecekteki bilim tarihçileri, kuramsal fizikçiler arasındaki görüş değişikliklerini incelemeyi ilginç bulacaktır. Sicimler birkaç yıl boyunca üstünlük kazandı ve süper kütle çekimi, düşük enerjide geçerli yaklaşık bir kuram olarak bir kenara atıldı. Her ne kadar düşük enerjiler bu kapsamda bir TNT patlamasındaki parçacıkların sahip olduğundan milyar kere milyar daha az enerjiye sahip parçacıklar anlamına gelse de, "düşük enerji" nitelemesinin özellikle aleyhte olduğu düşünülüyordu. Eğer, süper kütle çekim, sadece bir düşük enerji yaklaşımı idiyse, evrenin temel kuramı olduğu iddia edilemezdi. Onun yerine, temelini oluşturan kuramın, olası beş süper sicim kuramlarından biri olduğu varsayıldı. Ancak bu beş adet sicim kuramından hangisi evrenimizi tanımlıyordu? Üstelik sicim kuramı, sicimlerin fondaki düz bir uzay-zamanda hareket eden, bir uzay boyutuna ve bir zaman boyutuna sahip yüzeyler şeklinde tasvir edildiği yaklaşımın ötesinde nasıl formülleştirilebilirdi? Sicimler fondaki uzay zamanı bükmez miydi?

Sicim kuramının her şeyi açıkça ortaya çıkarmadığı, 1985'ten sonraki yıllarda belirginleşti. Bir başlangıç noktası olarak, sicimlerin birden fazla boyutta uzatılabilen nesnelerden meydana gelen, geniş çaplı bir sınıfın sadece bir elemanı olduğu anlaşıldı. Benim gibi, Cambridge'in Uygulamalı Matematik ve Kuramsal Fizik Bölümü'nün bir üyesi olan ve bu nesneler üzerindeki temel çalışmaların çoğunu gerçekleştiren Paul Townsend onlara "p-zar" (p-brane, İngilizce membrane kelimesinden, Ç.N.) adını verdi. Bir p-zarın, p boyutta uzunluğu vardır. Buna göre: p= 1 olan bir zar, bir sicimdir, p=2 olan bir zar bir yüzey veya membrandır, vb. (Şekil 2.15). p= 1 sicim durumunu, diğer p değerlerine göre kayırmanın hiçbir nedeni yokmuş gibi görünür. Bunun yerine, p-zar demokrasisini kabul etmemiz gerekir: bütün p-zarlar eşit yaratılmıştır.

Şu gerçekleri olduğu gibi kabul ediyoruz: Bütün p-zarlar eşit yaratılmıştır!

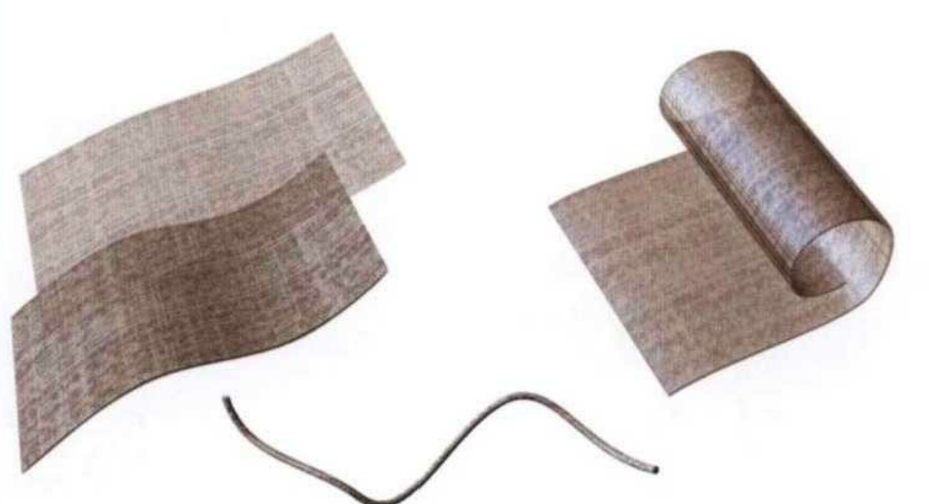


**Şekil 2.15**

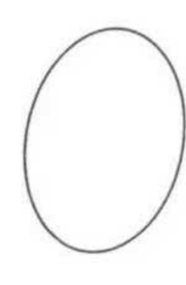
Bütün p-zarlar, 10 veya 11 boyuttaki süper kütle çekim kuramı eşitliklerinin çözümleri olarak bulunabilir. 10 veya 11 boyut, bize, gördüğümüz uzay zaman gibi gelmez. Ancak temel fikir, diğer 6 veya 7 boyutun kıvrılarak çok küçülmesi nedeniyle, onları fark etmememizden kaynaklanır. Çünkü bizler, sadece geriye kalan büyük ve düze yakın 4 boyutun farkındaydık.

Kişisel olarak şunu belirtmeliyim ki ben ek boyutlara inanma konusunda isteksiz davranmışımdır. Ancak bir pozitivist olduğum için, "Ek boyutlar gerçekten var mı?" sorusunun hiçbir anlamı yoktur Sorulabilecek tek şey, ek boyutları olan matematiksel modellerin, Evrenin iyi bir tanımını sağlayıp sağlamadığıdır. Bugüne kadar bunların açıklanması için ek boyutlar gerektiren hiçbir gözlemimiz olmadı Bununla birlikte, onları Cenevre'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda (Large Hadron Collider) gözlemleme olasılığımız vardır. Ancak, ben de dahil olmak üzere, birçok, kişiyi ek boyutlara sahip modelleri ciddiye alma konusunda ikna eden olgu modeller arasında ikilikler adı verilen, umulmadık bir ilişki ağı bulunmasıydı. Bu ikilikler, modellerin özellikle denk olduğunu gösterir, yani, modeller M kuramı olarak adlandırılan, temel aynı kuramın sadece farklı yönleridir. Bu ikilik ağını doğru yolda olduğumuzun bir işareti olarak görmemek, biraz da, Tanrı'nın, Darwini hayatın evrimi konusunda yanlış yola sevk etmek için, kayalara fosiller yerleştirdiğine inanmaya benzer.

Paul Townsend, p-zar bilgini



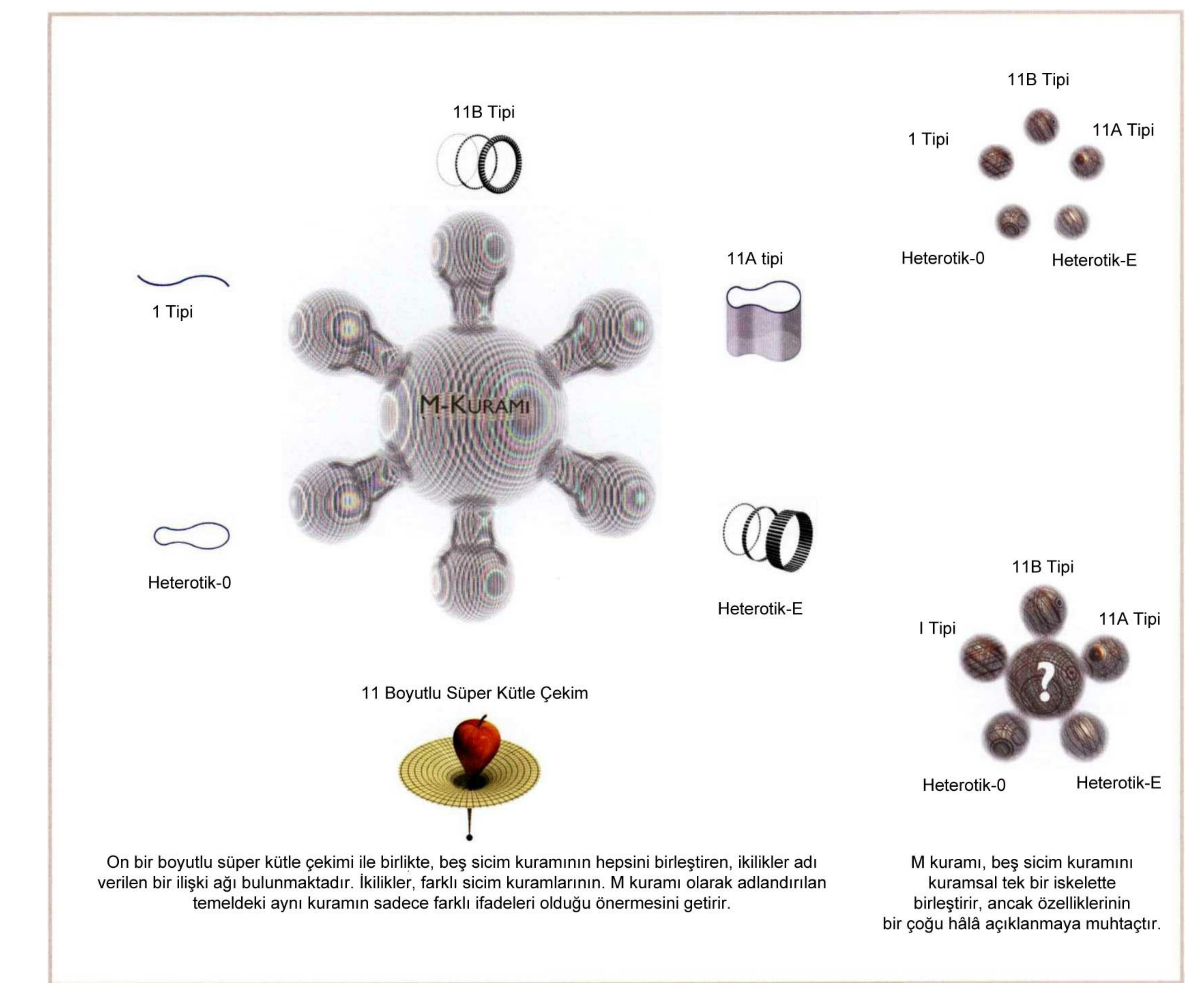
Evrenimizin uzaysal kumaşının hem yayılan hem de kıvrılmış boyutları bulunabilir. Membranlar kıvrıldıklarında daha iyi gözükebilir.



Kıvrılmış bir I -zar ya da sicim



Çörek şeklinde kıvrılmış bir 2-zar yaprağı




**Şekil 2.16 Birleşik Bir İskelet**

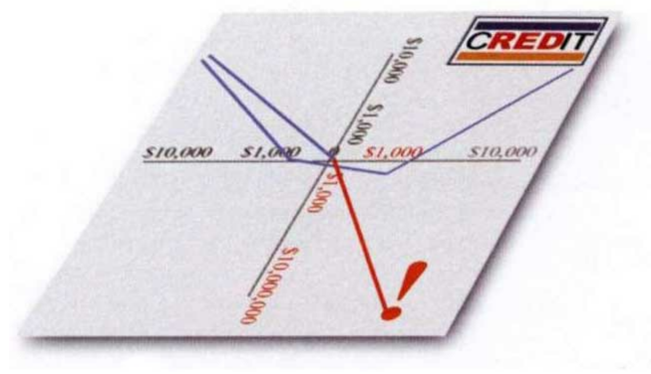
Bu ikilikler, süper sicim kuramlarının, beşinin de, aynı fiziği tanımladığını ve süper kütle çekimine de fiziksel olarak denk olduğunu gösterir (Şekil 2.16). Süper sicimlerin, süper kütle çekiminden daha önemli olduğu veya süper kütle çekiminin süper sicimden daha önemli olduğu söylenemez. Onlar daha çok, temeldeki aynı kuramın farklı ifadeleridir ve her biri, farklı tipteki durumlardaki hesaplamalarda faydalıdır. Sicim kuramlarının sonsuzlukları olmadığı için, yüksek enerjili birkaç parçacık çarpışıp birbirini yok ettiğinde gerçekleşecekleri hesaplamak için yararlıdır. Bununla birlikte, çok sayıda parçacığın enerjisinin evreni nasıl büktüğünün veya kara delik gibi bir uç durumu nasıl meydana getirdiğinin anlaşılmasında pek işe yaramaz. Bu durumlar için süper kütle çekimi gereklidir, bu, temel olarak Einstein'ın eğri uzay-zaman kuramıdır, ancak ek birtakım madde türleri içerir. İlerleyen sayfalarda esas olarak bu fikri kullanacağım.

Hayali zamandaki geçmiş

Gerçek zamandaki geçmiş

**Şekil 2.17**

İçinde, bilinen gerçek zamana dik açıda hayali bir zaman doğrultusu olan matematiksel bir model meydana getirilebilir. Model, gerçek zamandaki terimleri cinsinden hayali zamandaki geçmişi belirleyecek kurallara sahiptir ve bu işlemin tersi de söz konusudur.




**Şekil 2.18**

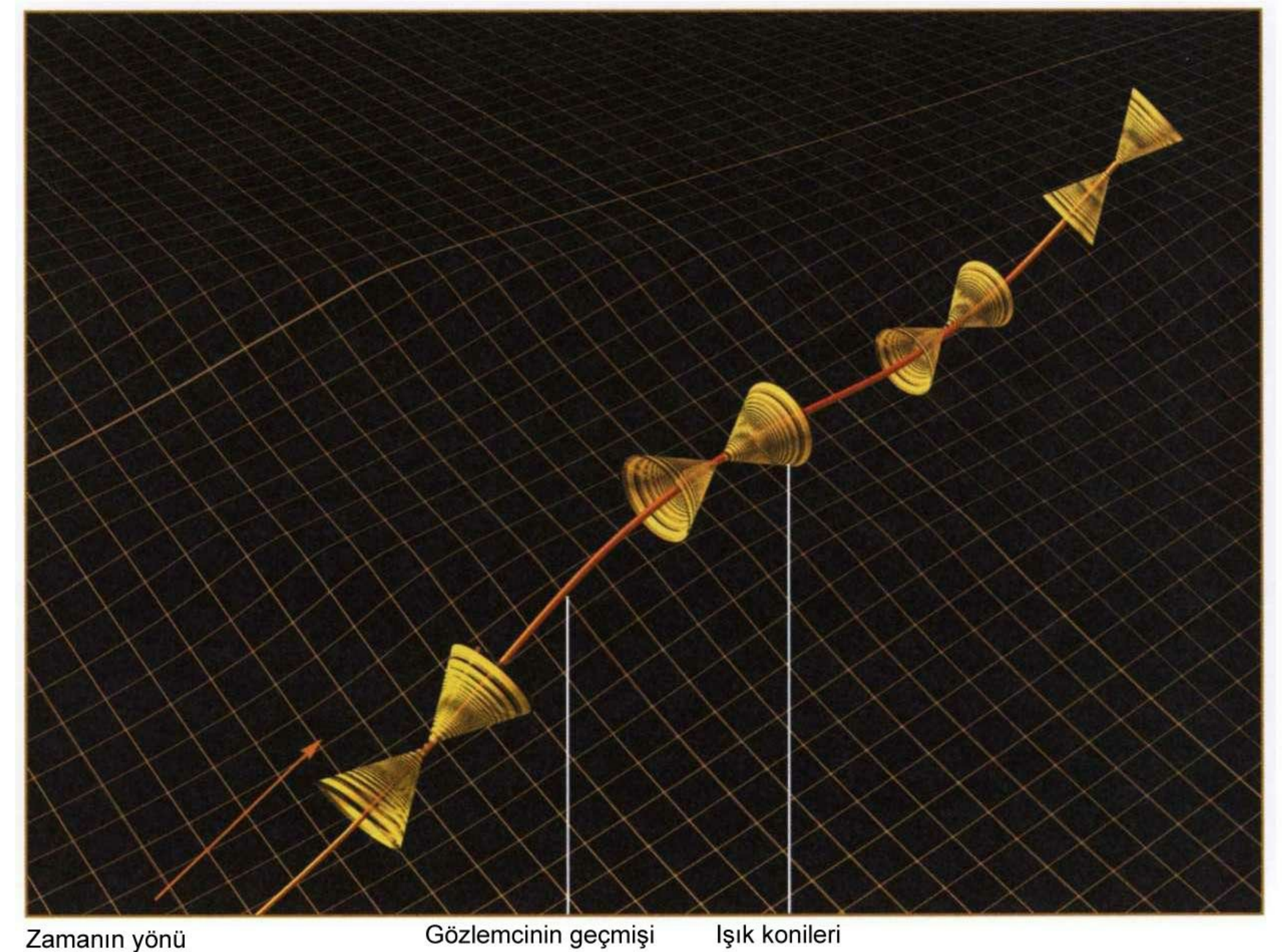
*Hayali sayılar, matematiksel bir yapıdır. Elinize, hayali sayıları olan bir kredi kartı faturası geçemez.*

Kuantum kuramının zaman ve uzaya şekil verme biçimini tanımlamak için, hayali zaman fikrini ortaya çıkarmak yararlıdır. Hayali zaman, size, bilimkurgudan çıkmış gibi gelebilir. Ancak, iyi tanımlanmış, matematiksel bir kavramdır: zaman hayali (imajiner) sayılarla ölçülür. 1, 2, -3, 5 gibi sıradan normal sayıların, soldan sağa sıralanarak bir doğru üzerindeki konumlara karşılık geldiği düşünülebilir. Sıfır ortada, pozitif gerçek sayılar sağ tarafta ve negatif gerçek sayılar sol

taraftadır (Şekil 2.17).

Daha sonra, hayali sayılar, düşey bir doğrudaki konumlara karşılık gelecek şekilde gösterilebilir. Sıfır yine ortadadır. Pozitif hayali sayılar yukarı, negatif hayali sayılar ise aşağı yöndedir. Bu şekilde, hayali sayılar, sıradan gerçek sayılarla dikaçı yapan, yeni bir sayı türü olarak düşünülebilir. Matematiksel bir yapı oldukları için, fiziksel bir algılama gerektirmezler, hayali sayıda portakal veya hayali bir kredi kartı faturası olamaz (Şekil 2.18).

Bunun, hayali sayıların gerçek dünyayla bir alakası bulunmayan, sadece matematiksel bir oyun anlamına geldiğini düşünebilirsiniz. Bununla birlikte, pozitivist açıdan bakıldığında, bir kişi neyin gerçek olduğunu belirleyemez. Yapabileceği tek şey, içinde yaşadığımız evreni tanımlayan matematiksel modeli bulmaktır. Hayali zamanı kapsayan matematiksel bir model, sadece önceden gözlemlediğimiz etkileri değil, ölçemediğimiz ancak başka nedenlerle inandığımız etkileri de bildirir. Öyleyse gerçek nedir, hayal nedir? Yoksa, aradaki fark sadece beynimizde midir?




**Şekil 2.19**

*Klasik genel göreliliğin gerçek zamanlı uzay-zamanında, zaman uzay doğrultularından ayrılmıştır. Çünkü; bir gözlemcinin geçmişi boyunca artabilen veya azabilen uzay doğrultularının aksine, zaman sadece bu geçmiş boyunca artar. Buna karşın, kuantum kuramının hayali zaman doğrultusu, başka bir uzay doğrultusu gibidir. Bu yüzden artabilir veya azalabilir.*

Einstein'ın klasik (yani kuantum dışı) genel görelilik kuramı, gerçek zaman ile uzayın üç boyutunu, dört boyutlu bir uzay zamanda birleştirdi. Ancak gerçek zaman, uzaysal üç doğrultudan ayrılmıştı. Bir gözlemcinin dünya çizgisi veya geçmişi, hep gerçek zaman yönünde artıyordu (yani, zaman hep geçmişten geleceğe ilerliyordu), ancak bu uzaysal üç doğrultunun herhangi birinde artabilir veya azalabilirdi. Başka bir deyişle, uzaydaki doğrultu değiştirilebilirdi, ama zamandaki değiştirilemezdi (Şekil 2.19).

Buna karşın, hayali zaman, gerçek zamanla dikaçılar yaptığı için, dördüncü bir uzaysal doğrultu gibi davranır. Bu nedenle, hayali zaman, sadece bir başlangıç veya sona sahip olabilen ya da daireler çizebilen normal gerçek zamanlı, demiryolundan daha geniş bir olasılık yelpazesine sahip olacaktır. Zamanın bir şekle sahip olmasının nedeni, bu hayali anlayıştır.

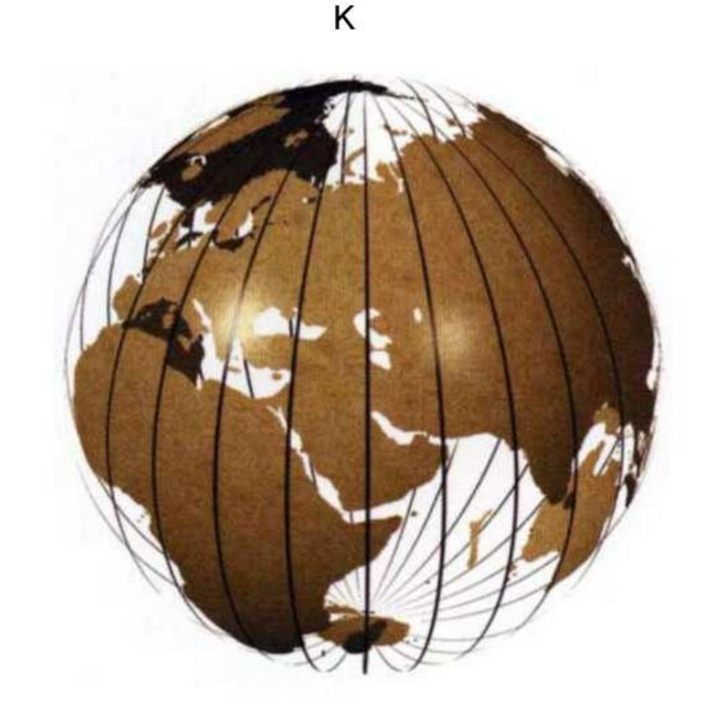
ŞEKİL 2.20
Hayali Zaman
Hayali zaman doğrultusu küresel ve hayali bir uzay zamanda. Güney Kutbuna olan uzaklığı simgeleyebilir. Kuzeye gidildikçe Güney Kutbuna sabit uzaklıklardaki enlemler büyür. Bu durum; hayali zamanla genişleyen evrene karşılık gelir. Evren, ekvatorda maksimum boyuta ulaşacak ve artan hayali zamanla, Kuzey Kutbu'ndaki tek bir noktada yeniden büzülecektir. Evrenin kutuplardaki boyutu sıfır olacak; ancak bu noktalar, tıpkı Dünyanın yüzeyindeki Kuzey ve Güney Kutbunun mükemmel şekilde düzgün noktalarda olması gibi, tekil olmayacaktır. Bu durum, evrenin hayali zamandaki başlangıcının, uzay-zamanda düzgün bir nokta olabileceğini gösterir.



G

K

Şekil 2.21
Küresel bir uzay zamandaki hayali zaman doğrultusu, enlem dereceleri yerine, boylam derecelerine de karşılık gelebilir. Bütün boylam çizgileri Kuzey ve Güney Kutbunda birleştiği için, "zaman" kutuplarda durağandır. Tıpkı bir kişinin Dünya'daki Kuzey Kutbunda batıya doğru gidince hâlâ Kuzey Kutbunda kalması gibi, hayali zamandaki bir artış da o kişiyi aynı noktada tutar.



Kuzey ve Güney Kutbunda birleşen
boylam derecesi cinsinden hayali zaman



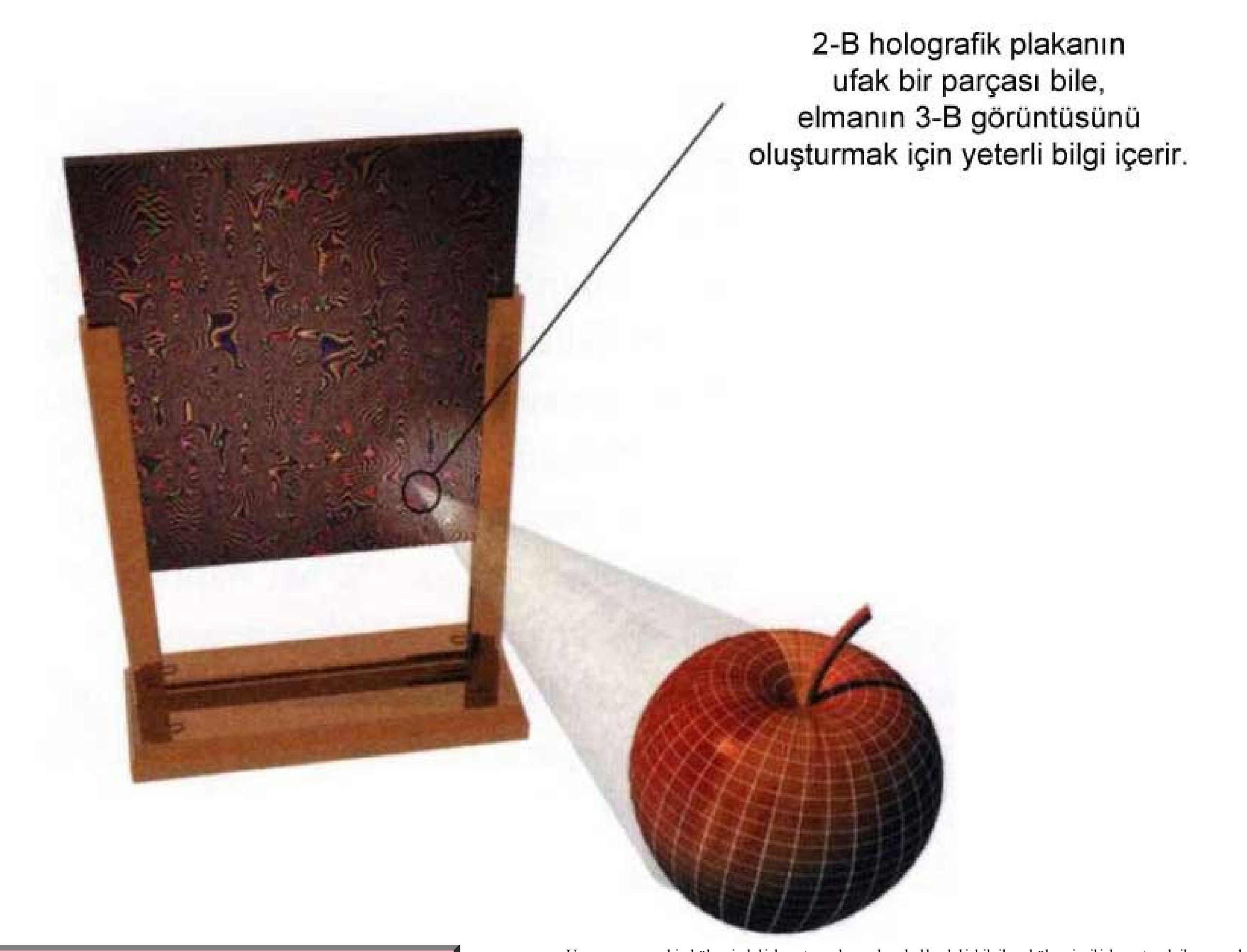

Olasılıkların bazılarını görmek için, Dünya'nın yüzeyi gibi, küre şeklindeki bir hayali zaman uzay-zamanını düşünün. Hayali zamanın, boylam dereceleri olduğunu varsayın (Şekil 2.20). Böylece evrenin hayali zamandaki tarihi Güney Kutbu'nda başlayacaktır. "Başlangıçtan önce ne oldu?" diye sormanın hiçbir anlamı olmayacaktır. Bu tür zamanlar, Güney Kutbu'nun güneyindeki noktalar kadar tanımsızdır. Güney Kutbu, Dünyanın yüzeyindeki mükemmel ve düzgün bir noktadır ve aynı kanunlar, başka noktalarda olduğu gibi, orada da geçerlidir. Bu olgu, evrenin, hayali zamandaki başlangıcının, uzay-zamanın muntazam bir noktası olabileceğine ve aynı kanunların, evrenin geri kalanında olduğu gibi, başlangıçta da geçerlilik kazanabileceğine işaret eder (evrenin kuantum başlangıcı ve evrimini bir sonraki bölümde ele alacağız).

Olası diğer bir davranış ise, hayali zamanın, Dünya üzerindeki enlem dereceleri olduğu varsayılarak tanımlanabilir. Bütün boylam çizgileri Kuzey ve Güney Kutbu'nda birleşir (Şekil 2.21). Böylece zaman, hayali zamandaki veya boylam derecelerindeki bir artışın bir kişiyi aynı noktada tutması gibi, orada da sabit kalır. Bu durum normal zamanın, bir kara deliğin ufkunda durmasına çok benzer. Şunu anladık ki, (her ikisi de duran veya ikisi de durmayan) gerçek ve hayali zamanın durması, kara delikler için de keşfettiğim gibi, uzay-zamanın bir sıcaklığa sahip olduğu anlamına gelir. Bir kara delik, sadece bir sıcaklığa sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda, entropi ile adlandırılan bir niceliği varmış gibi de davranır. Entropi, kara deliğin sadece kütle, spin ve yükünü gözlemleyebilen bir gözlemciye farklı görünmeden sahip olabileceği dahili durum (iç kısmındaki yapılandırılma şekli) sayısının bir ölçüsüdür. Bu kara delik entropisi 1974'te keşfettiğim çok basit bir formülle belirlenir. Kara delik, ufkunun alanına eşittir: ufuk alanının temel her bir birimi için, kara deliğin içsel durumu hakkında bir miktar bilgi vardır. Bu durum, kuantum kütle çekimi ile (entropinin incelenmesini de kapsayan) termodinamik, yani ısıbilim arasında sıkı bir bağlantı olduğunu gösterir. Ayrıca, kuantum kütle çekiminin holografi de gösterebileceğini belirtir (Şekil 2.22).

$$S = \frac{Akc^3}{4\hbar G}$$

KARA DELİK
ENTROPİ FORMÜLÜ

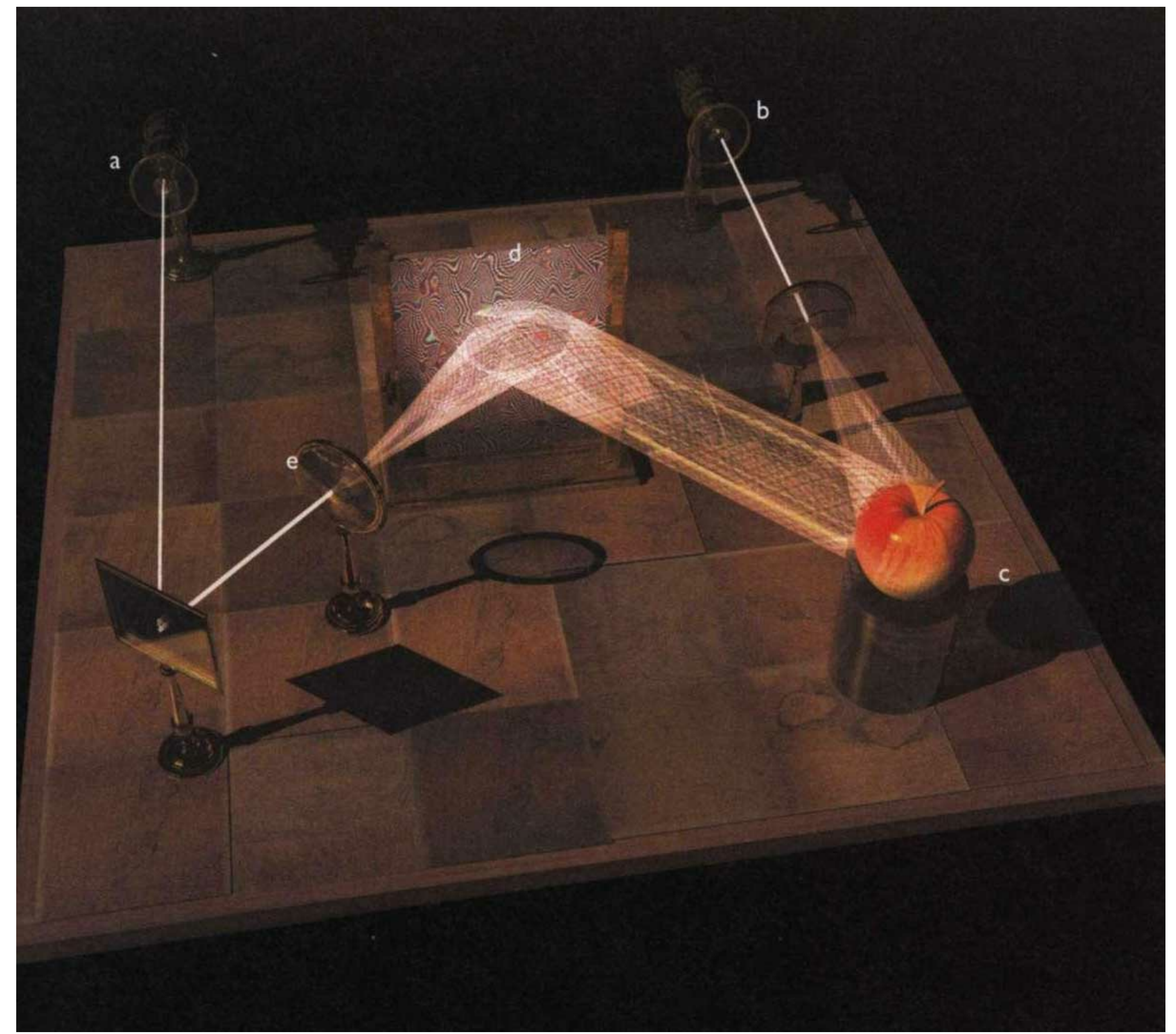
| | |
|---|---|
| $A$ | Kara deliğin olay ufkunun alanı |
| $\hbar$ | Planck sabiti |
| $k$ | Boltzmann sabiti |
| $G$ | Newton'un kütle çekim sabiti |
| $c$ | Işık hızı |
| $S$ | Entropi |




**HOLOGRAFİK İLKE**

Bir kara deliği çevreleyen ufkun yüzey alanının, kara deliğin entropisinin ölçüsü olduğunun anlaşılması insanları, uzayın kapalı herhangi bir bölgesinin entropisinin, bölgeyi çevreleyen yüzey alanının dörtte birini hiçbir zaman aşamayacağını savunmaya yöneltmiştir. Entropinin sadece, bir sistemin içerdiği toplam bilginin bir ölçüsü olması, üç boyutlu dünyadaki bütün olgularla ilgili bilgilerin, holografik bir görüntü gibi, iki boyutlu sınırında depolanacağını gösterir. Dünya, kesin anlamda, iki boyutlu olacaktır.

Uzay-zamanın bir bölgesindeki kuantum durumları hakkındaki bilgiler, bölgenin iki boyutu eksik sınırında, bir şekilde kodlanmış olabilir. Kuantum kütle çekiminin holografik ilkeyi kapsaması, kara deliklerin içindekileri izleyebileceğimiz anlamına gelebilir. Bu durumun önem kazanması, kara deliklerden yayılan radyasyonu öngörebilmemize bağlıdır. Eğer bunu yapamazsak, geleceği istediğimi: mutlaklıkla öngöremeyiz. Bu konuyu Bölüm 4'te, holografiyi ise, Bölüm 7'de ele alacağız. Öyle görünüyor ki, belki de bir 3-zar - geri kalan boyutların kıvrılarak çok küçüldüğü, beş boyutlu bir bölgenin sınırı olan dört boyutlu - üç uzay ve bir de zaman boyutuna sahip bir yüzey - üzerinde yaşıyoruz. Dünyanın bir zar üzerindeki durumu, beş boyutlu bölgede gerçekleşenleri kodluyor.




**Şekil 2.22**

Holografi, esasen, dalga desenlerinin girişimi ile ilgili bir olgudur. Tek bir lazerden gelen ışık ayrı iki (a) ve (b) demetine ayrıldığında, hologramlar meydana getirilir. Biri (b) nesneden, (c) ışığa duyarlı bir plaka (d) üzerine yansır. Diğeri (a) ise, bir mercekten (e) geçer ve yansıtılan (b) ışıkla çarpışarak plaka üzerinde bir girişim deseni yaratır.

Banyo edilmiş plakadan bir lazer geçirildiğinde, orijinal nesnenin üç boyutlu, tam bir görüntüsü belirir. Bir gözlemci. bu holografik görüntünün çevresinde hareket ederek normal bir fotoğrafın gösteremeyeceği, bütün gizlenen yüzleri görebilir.

Sol taraftaki plakanın iki boyutlu yüzeyindeki, küçük herhangi bir parça, normal bir fotoğrafın aksine, görüntünün tamamını yeniden yapılandırmak için gereken bütün bilgileri içerir.

# Bölüm 3

Ceviz Kabuğundaki Evren

Evrenin birden fazla belirlenen, birden fazla geçmişi vardır.





*Bir uzay mekiği misyonu tarafından yükseltilen Hubble uzay teleskopu mercek ve aynaları. Aşağıda Avustralya görülebilir.*

Bir ceviz kabuğunda hapsolabilir ve kendimi

sonsuz uzayın bir kralı sayabilirdim

- Shakespeare,

Kimbilir, belki de Hamlet, biz insanlar fiziksel olarak ne kadar kısıtlanmış olsak bile, beyinlerimizin evrenin tamamını keşfetmek ve Uzay Yolun'un bile gitmeye korktuğu - sadece karabasanların izin verdiği - yerlere cesurca gitmekte özgür olduğunu anlatmak istiyordur...

Evren, gerçekte sonsuz mu yoksasadece çok mu büyük? Ayrıca ölümsüz mü yoksa sadece uzun ömürlü mü? Sonlu beyinlerimiz, sonsuz bir uzayı nasıl kavrayabilir? Buna çaba göstermemiz bile bizim için küstahlık olmaz mı? Klasik mitolojide insanların kullanması için, ateşi Zeus'tan çalan ve cüretinin bedeli olarak bir kayaya zincirlenerek bir kartalın, ciğerinden parçalar koparmasıyla cezalandırılan prometheus'un kaderini göze mi alıyoruz?

Ders verici bu hikayeye rağmen, evreni anlamaya çalışmamız gerektiğine inanıyorum. Kozmosu anlama konusunda, özellikle de son birkaç yılda önemli bir ilerleme kaydettik. Henüz elimizde evrenin tam bir tanımı yoktur, ancak bunun da gerçekleşmesi pek uzak olmayabilir.



**Yukarıda: Prometheus.**
**İ.Ö. 6. yüzyıl**
**Etrüsk vazo resmi.**

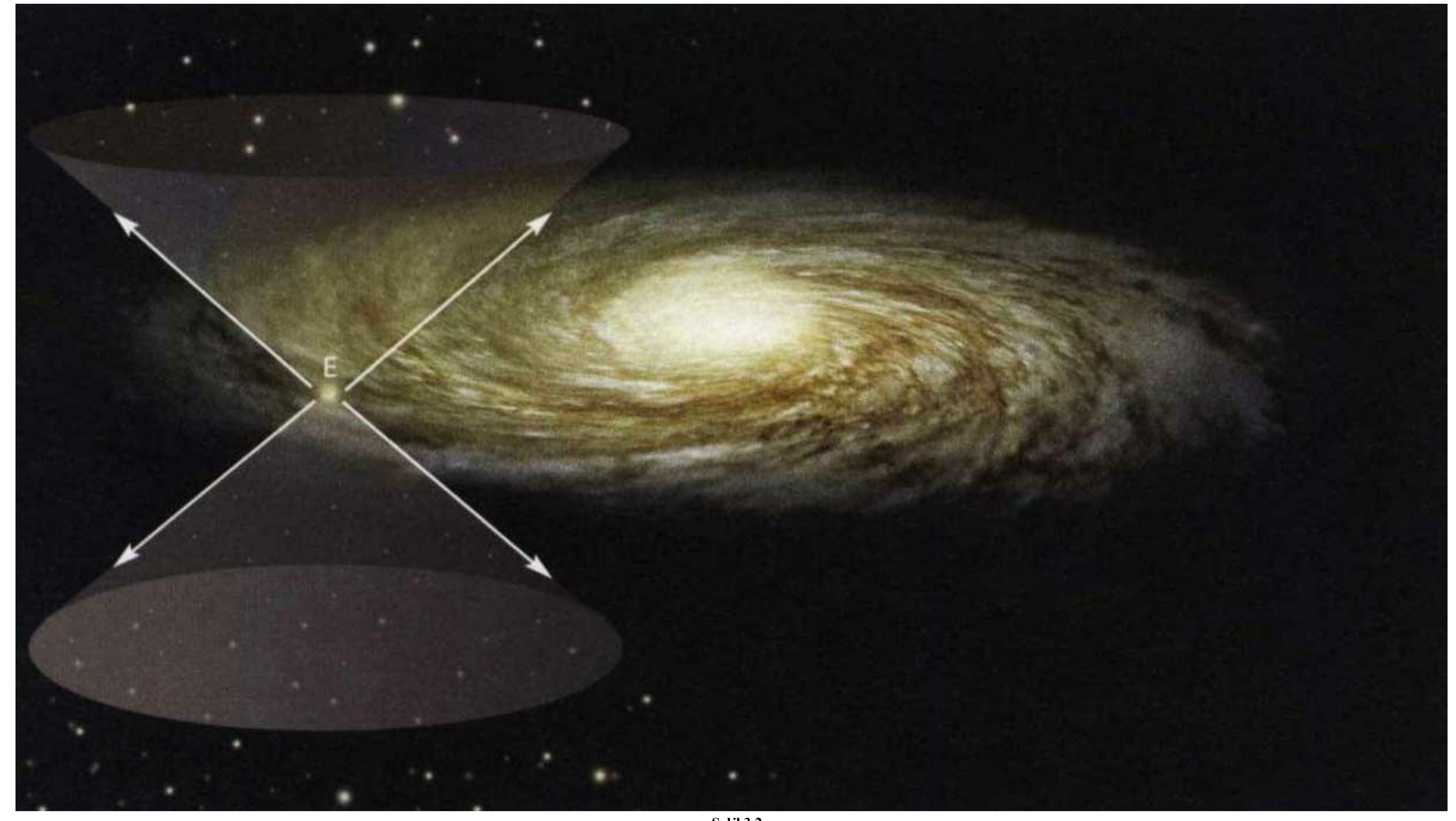


NGC 4414 spiral galaksisi NGC 4314 spiral çubuk galaksisi NGC 147 eliptik galaksisi

**Şekil 3.1**

*Evrenin derinliklerine baktığımızda, milyar ve milyarlarca galaksi görürüz. Galaksiler türlü şekil ve boyutlarda olabilir elips veya Samanyolu'muz gibi spiral olabilirler.*

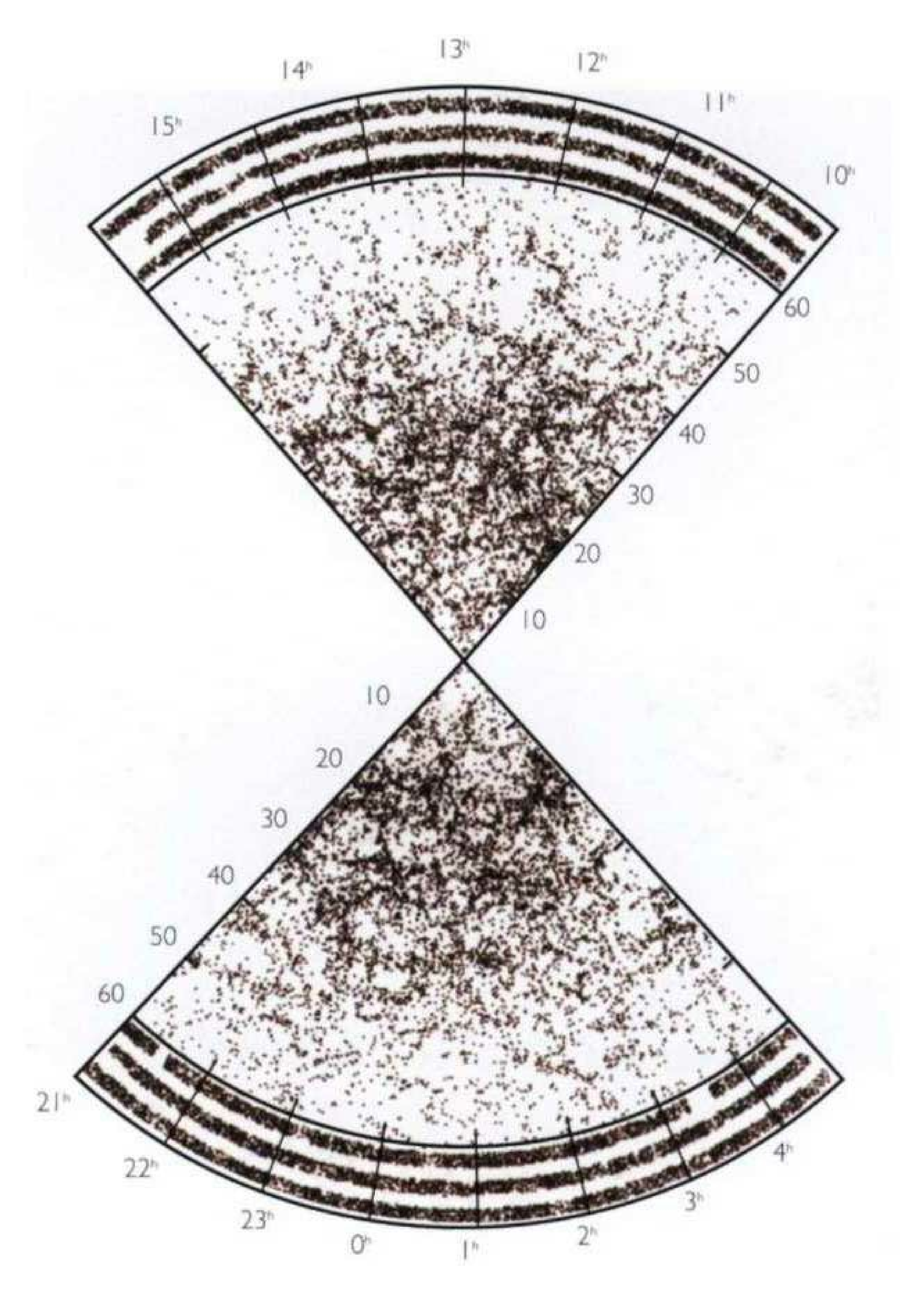
Uzay hakkındaki en belirgin şey, sürekli uzanıp gittiğidir. Bu, uzayın derinliklerini araştırmamıza olanak tanıyan Hubble teleskopu gibi modern araçlarla kanıtlandı. Gördüğümüz şey, çeşitli şekil ve boyutlarda milyarlarca, milyarlarca galaksidir (Şekil 3.1). Her bir galaksi sayısız yıldız içeriyor, birçoğunun etrafında da gezegenler bulunuyor. Biz ise Samanyolu spiral galaksisinin dış tarafındaki kollardan birinde bulunan bir yıldızın yörüngesinde dönen bir gezegende yaşıyoruz. Spiral kollarındaki toz, evreni galaksi düzleminde görmemizi engeller, gene de düzlemin her iki tarafında, koni şeklinde, net bir görüş alanımız var. Üstelik, uzak galaksilerin yerlerini de belirleyebiliyoruz (Şekil 3.2).




**Şekil 3.2**

*Gezegenimiz dünya (E), Samanyolu spiral galaksisinin dış bölgesindeki Güneş'in çevresinde döner. Spiral kollarındaki yıldız tozları, galaksi düzlemindeki görüşümüzü engeller, ancak bu düzlemin her iki tarafinda da net bir görüş alanımız mevcuttur.*

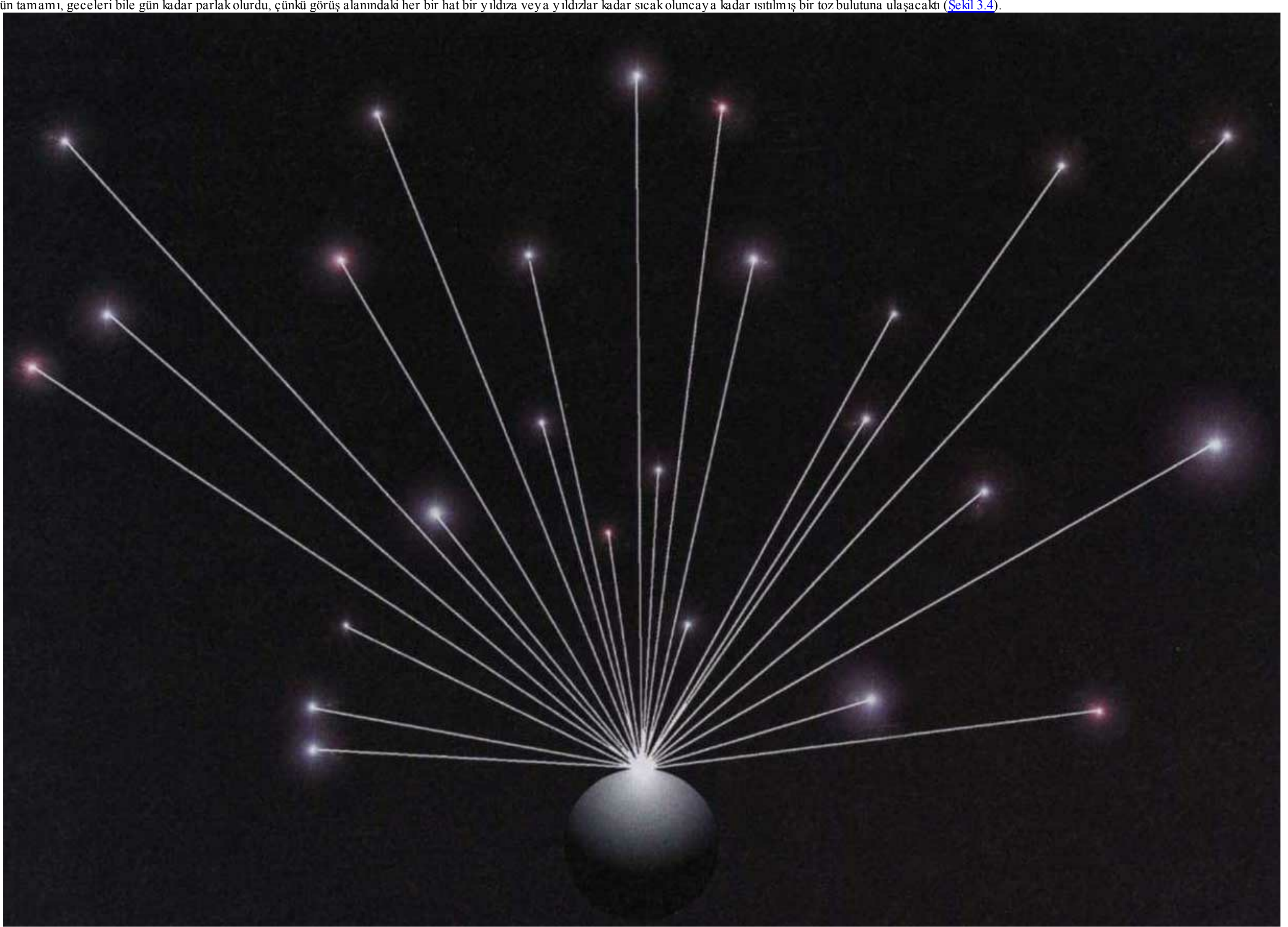
Galaksilerin evren boyunca, yerel bazı yoğunlaşmalar ve boşluklar ile, yaklaşık olarak eşit biçimde dağıldığını görüyoruz. Galaksilerin yoğunluğu, çok uzak mesafelerde düşükmüş gibi görünüyor. Ancak, bunun sebebi, onların, bizim ayırt edemeyeceğimiz kadar uzakta ve silik olmalarıdır. Evren, gördüğümüz kadarıyla, uzayda sonsuza dek uzanmaktadır (Şekil 3.3).




**Şekil 3.3**
*Galaksilerin, bazı yerel yoğunlaşmalar dışında, evren boyunca yaklaşık olarak eşit biçimde dağıldığını görüyoruz.*

Her ne kadar evren, uzaydaki her konumda oldukça aynı görünse de, zaman geçtikçe kesinlikle değişiyor. Yirminci yüzyılın ilk yıllarına kadar, bu durumun farkına varılmadı. Bu zamana kadar, temel olarak evrenin zaman içerisinde

sabit olduğu düşünülüyordu. Evren, sonsuz bir zamandır var olabilirdi. Ne var ki, bundan sadece anlamsız sonuçlar çıkardı. Eğer yıldızlar sonsuz bir süre boyunca radyasyon yaysaydı, evreni kendi sıcaklıklarına kadar ısıtmış olmazlar mıydı Gökyüzünün tamamı, geceleri bile gün kadar parlak olurdu, çünkü görüş alanındaki her bir hat bir yıldıza veya yıldızlar kadar sıcak oluncaya kadar ısıtılmış bir toz bulutuna ulaşacaktı (Şekil 3.4).

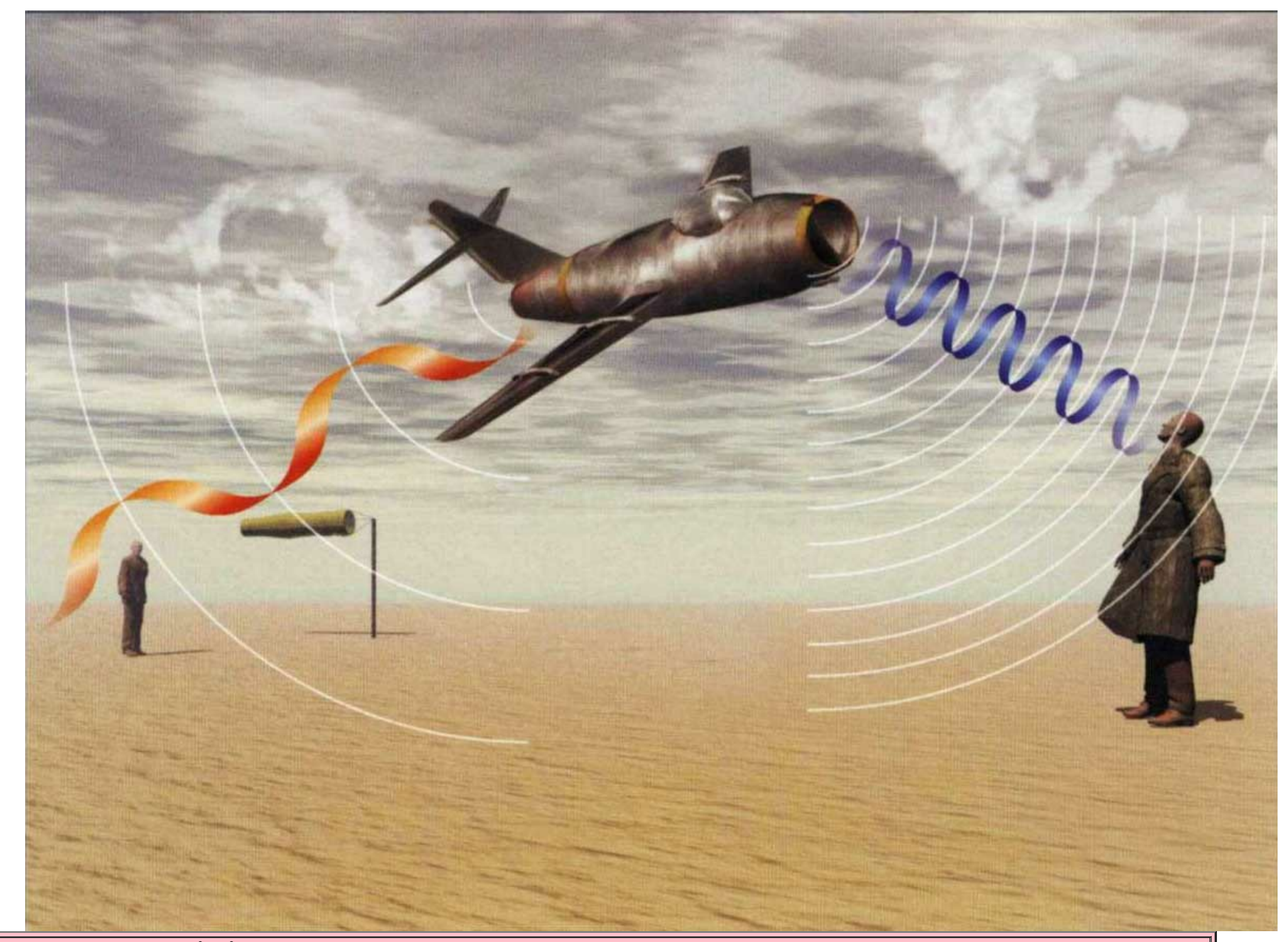


**Şekil 3.4**
*Eğer evren, durağan ve her yönde sonsuz olsaydı, görüş alanındaki her hat bir yıldıza ulaşırdı, bu ise gökyüzünü geceleri güneş kadar parlak yapardı.*

Gökyüzünün geceleri karanlık olması konusunda hepimizin yaptığı gözlem çok önemlidir. Bu durum, evrenin bugün gördüğümüz halde hep var olmadığını ima eder. Sonlu bir süre önce yıldızların ışık saçmaya başlaması için bir şeylerin olması gerekir. Yanı çok uzaktaki yıldızların ışığı, henüz bize ulaşacak zamanı bulamamıştır. Bu durum, gökyüzünün geceleri her yönde parlamamasının nedenini açıklar.

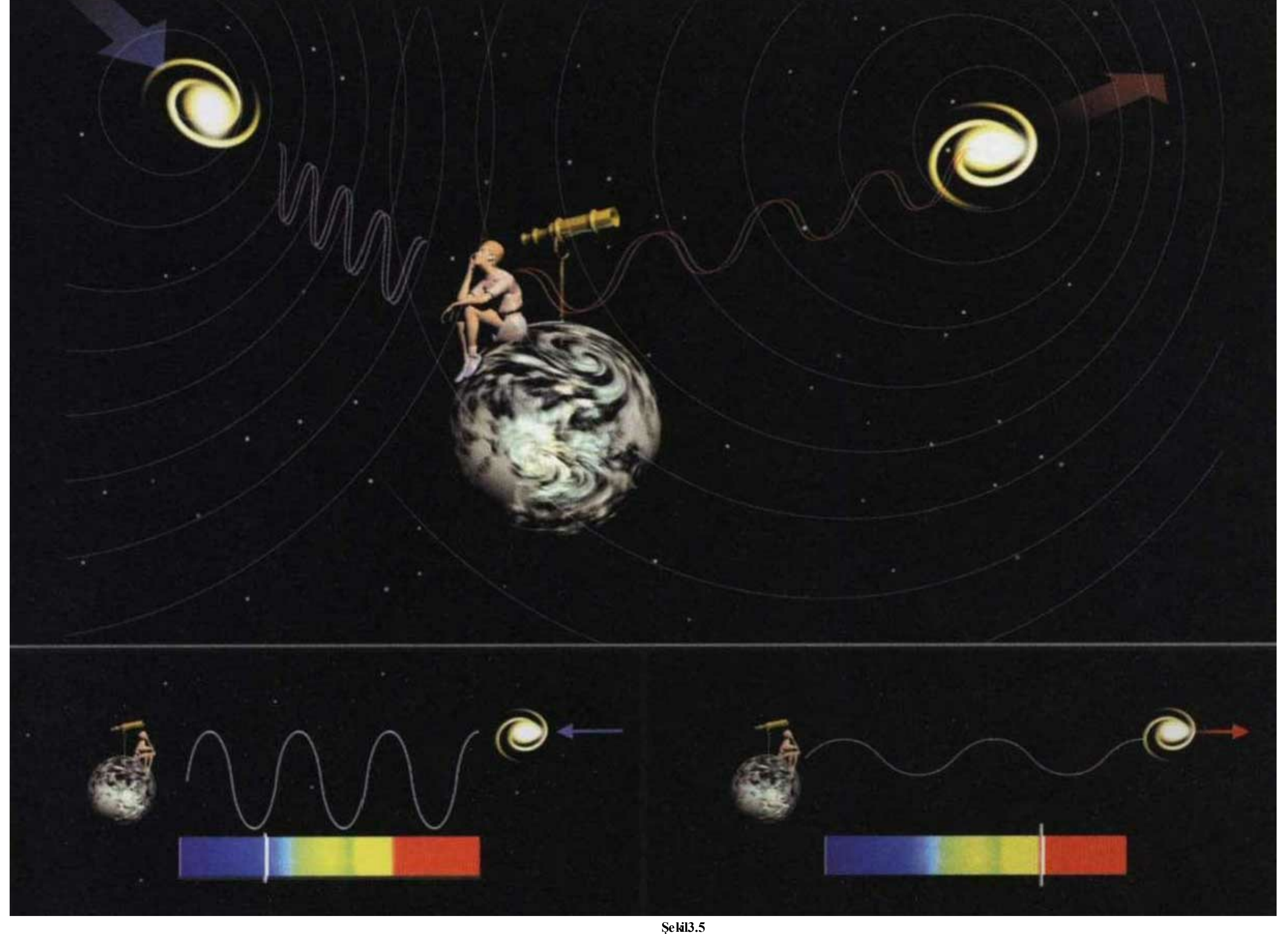
Eğer yıldızlar hep orada bulunduysa, neden birkaç milyar yıl önce birden ışık saçmaya başladılar? Onlara parlama zamanının geldiğini bildiren saat neydi? Bu konu Emmanuel Kant gibi, evrenin hep varolduğuna inanan filozofların aklını kurcaladı. Ancak bu durum, çoğu insan için, evrenin sadece birkaç bin yıl önce, şu anki haline benzer biçimde yaratıldığı fikri ile tutarlılık gösteriyordu.

Bununla birlikte, Vesto Slipher ve Edwin Hubble tarafından yirminci yüzyılın ikinci on yılında gerçekleştirilen gözlemlerle bu fikirde ayrılıklar belirmeye başladı. Hubble, 1923'te, nebula adı verilen silik ışık parçalarının, aslında, başka galaksiler, yani güneşimiz gibi yıldızlardan meydana gelen, ancak çok uzaklardaki topluluklar olduğunu keşfetti. Bu kadar küçük ve silik görünmeleri için, uzaklıklar o kadar büyük olmalıydı ki, onlardan yayılan ışığın bize ulaşması milyonlarca, hatta milyarlarca yıl sürüyordu. Bu, evrenin başlangıcının sadece birkaç bin yıl öncesinde olamayacağını kanıtladı.



**DOPLER ETKİSİ**

Hız ve dalga boyu arasındaki Doppler etkisi ilişkisi; her gün karşılaşılan bir deneyimdir. Başınızın üstünden geçen bir uçağı dinleyin; motorunun sesi daha yüksek bir perdede işitilir ve geçip kaybolduğunda da işitilme perdesi düşüş gösterir. Ses perdesinin daha yüksek olması, dalga boyu (bir dalga tepesi ile bir sonraki arasındaki mesafe) daha kısa olan ve daha yüksek bir frekanstaki (saniyedeki dalga sayısı) ses dalgalarına karşılık gelir. Bunun sebebi; uçak size doğru hareket ederken, bir sonraki dalga tepesini yayınladığında, size daha yakın olması ve dalga tepeleri arasındaki mesafeyi azaltmasıdır. Benzer şekilde, uçak uzaklaştıkça dalga boyları artar ve algıladığınız ses perdesi düşer.



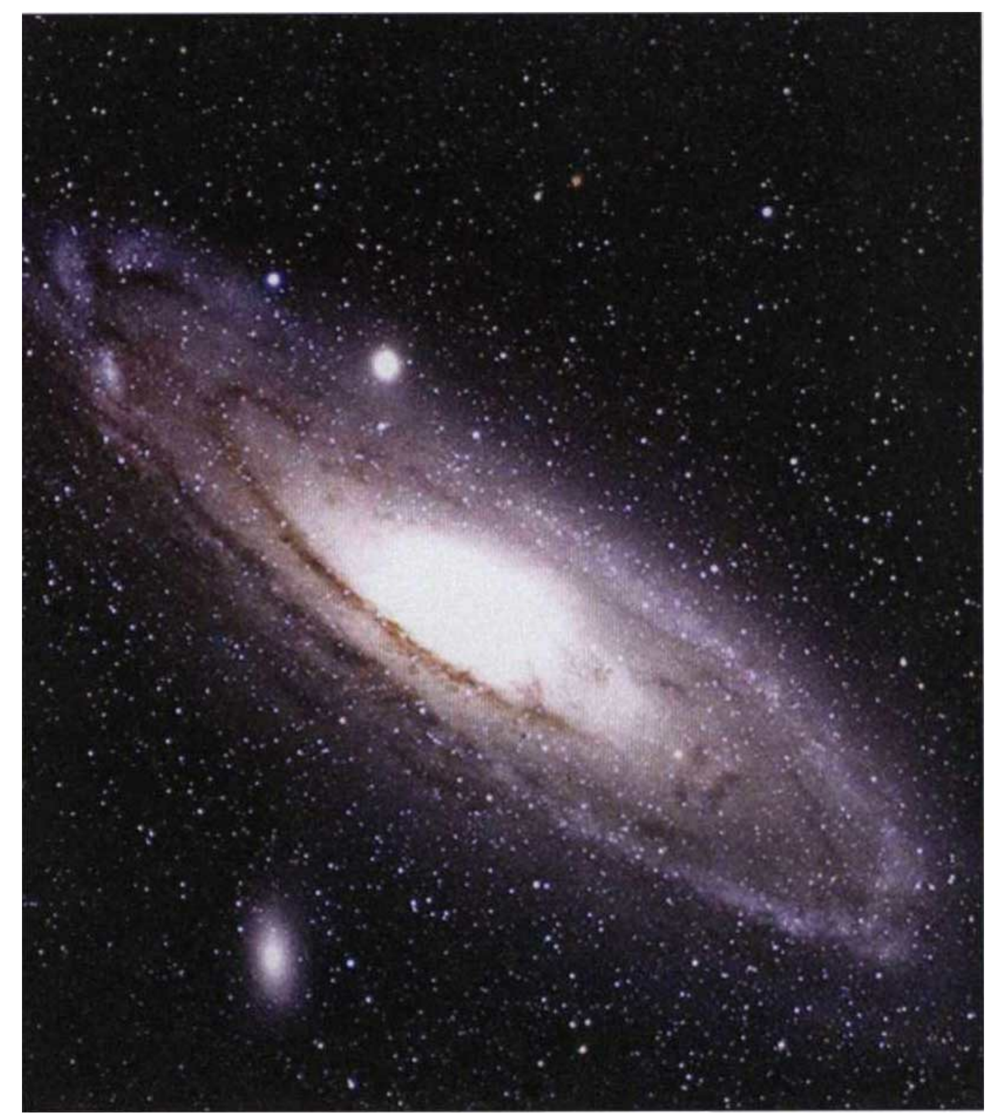
**Şekil3.5**

*Doppler etkisi ışık dalgaları için de geçerlidir. Eğer bir galaksi Dünya'ya sabit bir uzaklıkta kalsaydı, tayftaki karakteristik çizgiler normal veya standart bir konumda görünecekti. Bununla birlikte, galaksi bizden uzaklaşıyorsa, dalgalar uzamış görünecek ve karakteristik çizgiler kırmızıya kayacaktır (sağda). Eğer galaksi bize yaklaşıyorsa, dalgalar sıkışmış gibi görünecek ve çizgiler maviye kayacaktır.*

Ancak, Hubble'ın keşfettiği ikinci olgu daha da dikkat çekiciydi. Astronomlar, diğer galaksilerden gelen ışığı analiz ederek yakınlaştıklarını mı yoksa uzaklaştıklarını mı ölçmenin mümkün olduğunu öğrenmişlerdi (Şekil 3.5). Dahası, şaşırtıcı biçimde, neredeyse bütün galaksilerin uzaklaştığını bulmuşlardı. Bunun da ötesinde, ne kadar uzakta olurlarsa, o kadar hızlı uzaklaşıyorlardı. Bu keşfin önemli imalarını kavrayan Hubble oldu: Her galaksi, bir diğerinden büyük ölçüde uzaklaşıyor, evren genişliyordu (Şekil 3.6).

| Hubble ve Slipher tarafından ölçümü yapılan (galaktik komşumuz Andromeda. Slipher ve Hubble tarafından 1910 ile 1930 arasında yapılan keşiflerin Kronolojisi<br><br>1912 —Slipher dört nebuladan gelen ışığı ölçerek üçünün kırmızıya kaydığını ancak Andromeda'nın maviye kaydığını buldu. Bunu, diğer nebulalar bizden uzaklaşırken Anromeda'nın bize yaklaşması şeklinde yorumladı. |
|---|

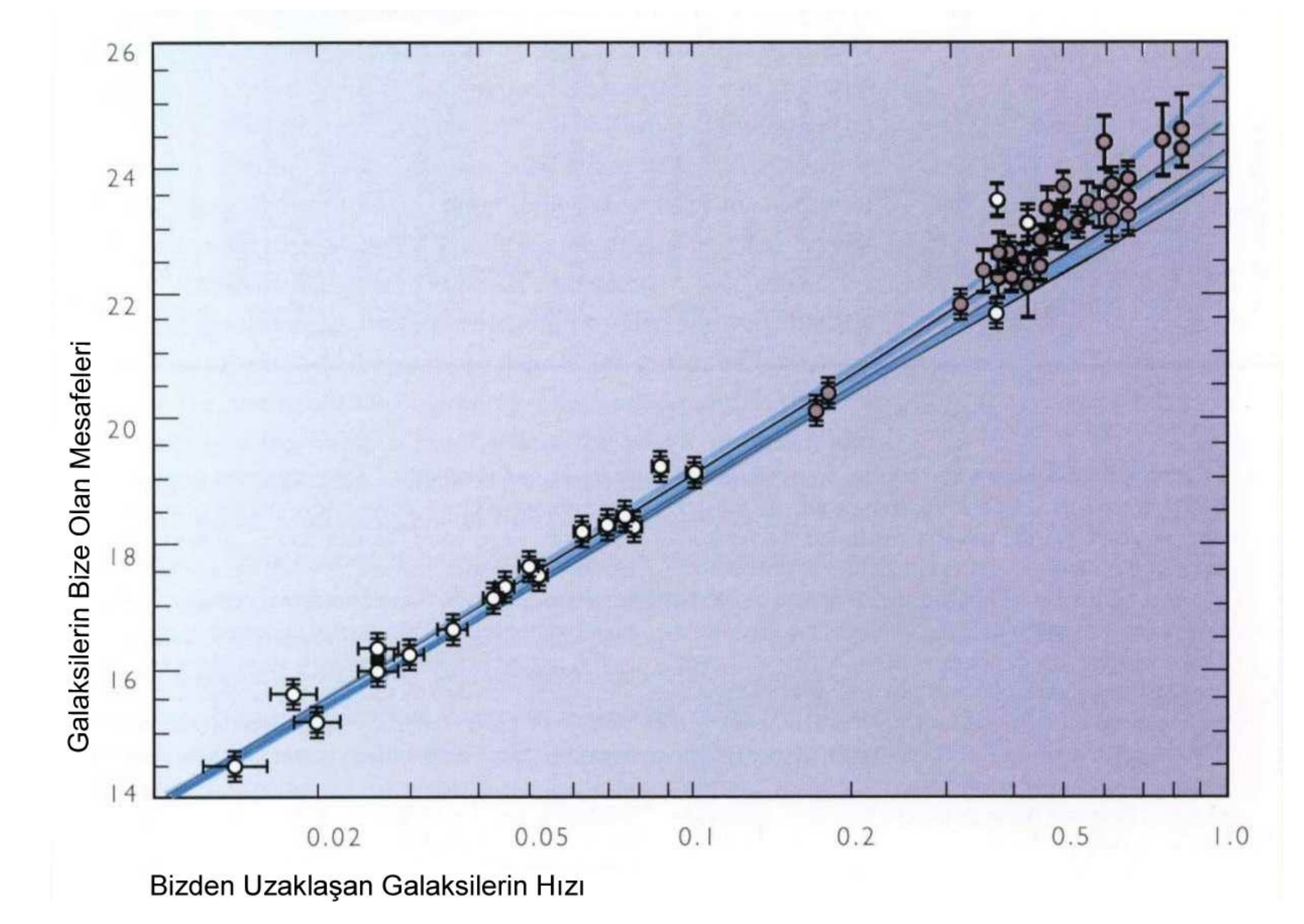
1912-1914 —Slipher 12 tane nebulada daha ölçüm yaptı.
Biri dışında diğerleri kırmızıya kayıyordu.
1914 -Slipher buluşlarını Amerikan Astronomi Topluluğu'na sundu. Hubble bu sunumu duydu.
1918 —Hubble nebulaları incelemeye başladı.
1923 —Hubble (Andromeda da dahil olmak üzere) spiral nebulaların başka galaksiler olduğuna işaret etti.
1914-1925 Slipher ve diğerleri Doppler kaymalarını ölçmeye devam etti. 1925'teki skor 43 kırmızıya kaymaya 2 maviye kayma idi.
1929 —Hubble ve Milton - Doppler kaymalarını ölçmeye devam ettikten ve her galaksinin bir diğerinden büyük ölçüde uzaklaştığını bulduktan sonra - evrenin genişlediğini keşfettiklerini ilan etti.



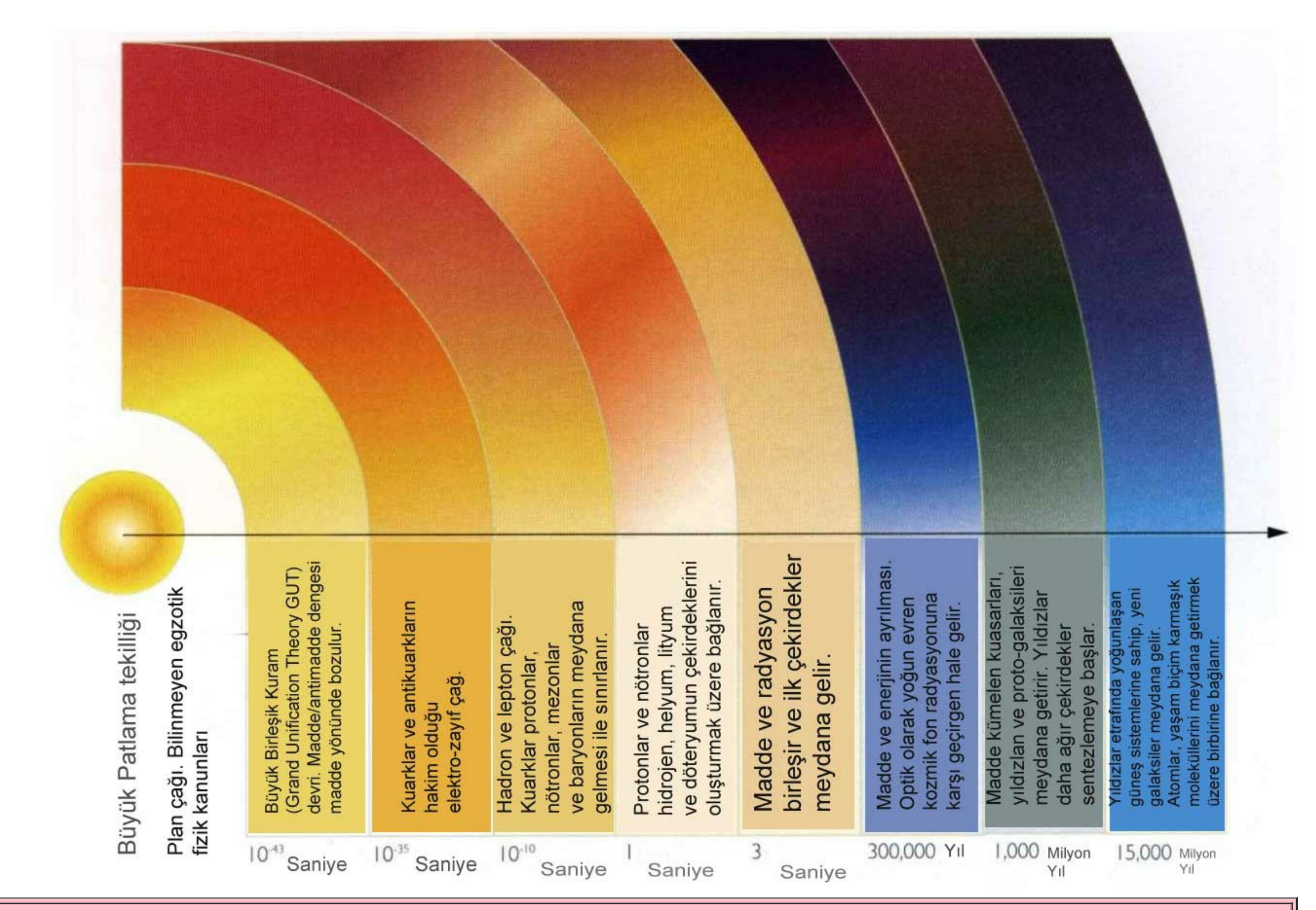
Evrenin genişlediğinin keşfedilmesi, yirminci yüzyılın büyük mantıksal devrimlerinden biriydi. Bu, tam bir sürpriz oldu ve evrenin başlangıcı konusundaki tartışmanın akışını tamamen değiştirdi Eğer galaksiler birbirinden uzaklaşıyorsa, geçmişte birbirine daha yakın olmalıydı. Şu anki genişleme hızından, aslında on ila on beş milyar yıl önce birbirine çok daha yakın olduklarını tahmin edebiliyoruz. Roger Penrose ve ben, bir önceki bölümde de açıkladığımız gibi, Einstein'ın genel görelilik kuramının, evren ve zamanın büyük bir patlama ile başladığını ima ettiğini gösterdik. Geceleyin gökyüzünün karanlık olmasının sebebi şuydu: hiçbir yıldız on ila on beş milyar yıldan uzun zamandır, yani; büyük patlamadan bu yana geçen süreden beri parlayamazdı.



**Şekil 3.6 Hubble Kanunu**
1920'lerde Edwin Hubble; diğer galaksilerden gelen ışığı analiz ederek, neredeyse bütün galaksilerin Dünyaya olan mesafeleri R ile orantılı, bir V hızı ile bizden uzaklaştığını, yani $V = H \times R$ eşitliğini keşfetti. Hubble Kanunu olarak bilinen ve H (Hubble sabiti)'nin genişleme hızını belirlediği bu önemli gözlem. evrenin genişlediğini ortaya koydu. Aşağıdaki grafikte, Hubble Kanunu'nu bizden oldukça uzak noktalar için de doğrulayan, galaksilerin kırmızıya kayması ile ilgili yakın zamanda yapılan gözlemleri görebilirsiniz. Grafikte, büyük uzaklıklardaki yukarı doğru hafif eğim, genişlemenin hızlandığını belirtir, buna vakum enerjisi neden olabilir.



26
24
22
20
18
16
14
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1.0
Galaksilerin Bize Olan Mesafeleri
Bizden Uzaklaşan Galaksilerin Hızı




**Büyük Sıcak Patlama**

Genel görelilik doğru olsaydı, evrenin başlangıcı büyük patlama tekilliğinde sonsuz bir sıcaklık ve yoğunluk ile gerçekleşirdi. Evren genişlerken, radyasyonun sıcaklığı azaldı. Büyük patlamadan saniyenin yaklaşık yüzde biri kadar süre sonra, sıcaklık 100 milyar derece olacak ve evren bazı protonlar ve nötronlarla birlikte; çoğunlukla fotonlar, elektronlar ve nötrinolar (son derece hafif parçacıklar) ile bunların karşı parçacıklarını içerecekti. Sonraki üç dakika boyunca, evren bir milyar dereceye soğurken: protonlar ile nötronlar helyum, hidrojen ve hafif başka elementlerin çekirdeklerini oluşturmak üzere birleşmeye başlayacaktı. Yüzbinlerce yıl sonra, sıcaklık birkaç bin dereceye düştüğünde; elektronlar, atomları oluşturmak üzere hafif çekirdekler tarafından yakalanabileceği bir noktaya kadar yavaşlayacaktı. Bununla birlikte; karbon ve oksijen gibi yapımızı oluşturan daha ağır elementler, yıldızların merkezindeki helyumun yanışından milyarlarca yıl sonraya kadar ortaya çıkmayacaktı. Evrenin yoğun, sıcak, erken bir aşamasının bu tablosu, 1948'de, bilim adamı Gorge Gamow tarafından, Ralph Alpher ile birlikte yazdıkları bir makalede çizildi. Bu makale. bu çok sıcak, erken aşamadan kaynaklanan radyasyonun. günümüzde hâlâ çevremizde olması gereğini öngörmekteydi, 1965'te, Amo Penzias ve Robert Wilson adlı fizikçiler kozmik mikrodalga fon radyasyonunu gözlemlediğinde, bu öngörüler doğrulanmış oldu.



Olayların daha önceki olaylardan, onların ise daha da önceki olaylardan kaynaklandığı fikrine alışkınız. Geçmişe doğru uzanan bir nedensellik zinciri var. Ancak, bu zincirin de bir başlangıcının olduğunu varsayın. Bir ilk olayın bulunduğunu varsayın. Buna ne sebep oldu? Bu, birçok bilim adamının yönelmek istediği bir soru değildi. Ruslar gibi, evrenin bir başlangıcının olmadığını iddia ederek, veya evrenin başlangıcının bilim alanına girmediğini, metafiziğe veya dine ait olduğunu savunarak bu sorudan kaçmaya çalıştılar. Bence bu, gerçek bir bilimadamının takınacağı bir tavır değildir. Eğer, bilim kanunları, evrenin başlangıcında askıdaysa, başka zamanlarda da yanlış olamazlar mı? Bir kanun, sadece bazen geçerli olursa, kanun değildir. Evrenin başlangıcını, bilimi temel alarak kavramaya çalışmalıyız. Bu, bizim güçlerimizin ötesinde bir görev olabilir, ancak, en azından gereken çabayı göstermeliyiz.

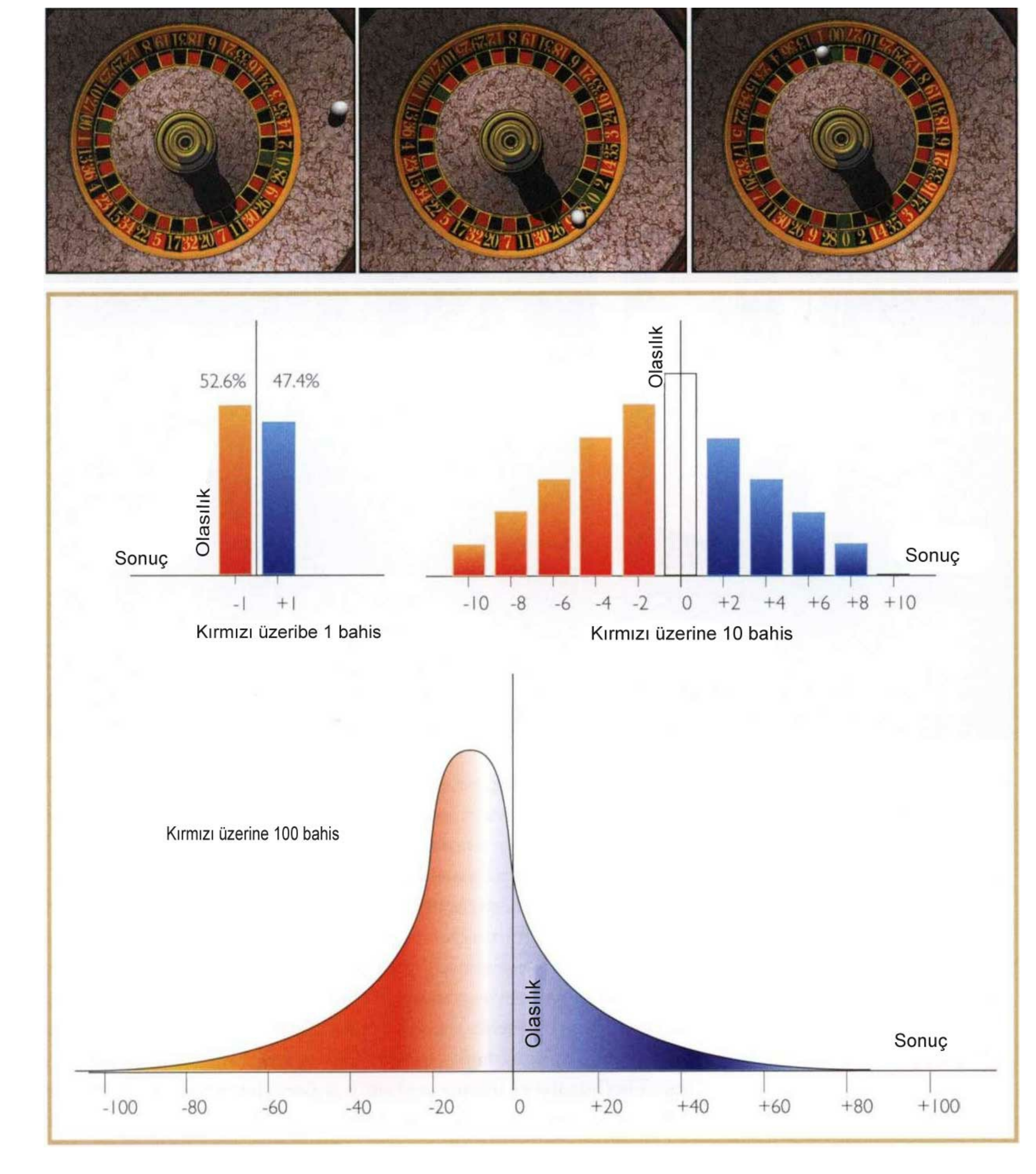
Penrose ve benim kanıtladığımız kuramlar, evrenin bir başlangıcı olması gerektiğini gösterse de; bu başlangıcın doğası hakkında pek bilgi sağlamıyordu. Evrenin, büyük bir patlamada, yani bütün evrenin ve içindeki her şeyin sonsuz yoğunluktaki tek bir noktada toplandığı bir yerde başladığını belirtmekle yetiniyorlardı. Einstein'ın genel görelilik kuramı bu noktada çökecekti, bu yüzden evrenin başlangıç şeklini öngörmek için kullanılamazdı. Geriye, evrenin başlangıcının, görünüşte, bilimin kapsamı dışında kaldığı bir kuram kalır.



**Şekil 3.7**

*Eğer bir kumarbaz çok sayıda zar atışı için kırmızı üzerine bahse girerse, kazancı oldukça kesin bir şekilde öngörülebilir, çünkü atılan zarların sonuçları ortalanır.Buna karşın, belirli bir bahsin sonucunu öngörmek olanaksızdır.*

Bu, bilimadamlarını sevindirecek bir sonuç değildi. Genel göreliliğin, büyük patlama yakınında çökmesinin sebebi, Bölüm 1 ve 2'de de belirttiğimiz gibi, belirsizlik ilkesini, yani Einstein'ın, "Tanrı zar atmaz," diyerek reddettiği, kuantum kuramının rastsal öğesini kapsamamasıdır. Bununla birlikte, bütün kanıtlar, Tanrı'nın bir hayli kumarbaz olduğunu gösterir. Evreni, her olayda zarların atıldığı veya çarkların döndürüldüğü büyük bir kumarhane olarak gözünüzün önünde canlandırabilirsiniz (Şekil 3.7). Kumarhane işletmenin, çok riskli bir iş olduğunu düşünebilirsiniz. Çünkü, her zar atılışında veya çarkın her çevrilişinde para kaybetme riskine girersiniz. Ancak, çok sayıda bahis sözkonusu olduğunda, belirli bir bahsin sonucu öngörülemese de, kazançlar ve kayıplar öngörülebilir bir sonuçta ortalanır (Şekil 3.8). Kumarhane işletenler, bahis oranlarının kendi lehlerinde ortalanmasını güvence altına alır. Kumarhanecilerin bu kadar zengin olmalarının sırrı da budur zaten. .. Onlara karşı kazanabilmek için tek şansınız, tüm paranızı birkaç zar atışına veya çark dönüşüne yatırmanızdır.




Evren için de aynısı geçerlidir. Evren, günümüzdeki gibi büyükse, çok sayıda zar atışı sözkonusu olur ve sonuçlar öngörülebilecek bir değerde ortalanır. Bu yüzden klasik kanunlar büyük sistemlerde geçerlidir. Ancak evren, büyük patlamaya yakın bir zamandaki gibi küçükse, zar atışlarının sayısı azalır ve belirsizlik ilkesi büyük bir önem kazanır.

Evren, sandığınız gibi, sadece tek bir geçmişe sahip değildir. Çünkü bir dahaki sefere olacakları

belirlemek için zar atmaya devam eder. Evren, her birinin kendi olasılığı bulunan, olası bir geçmişe sahip olmalıdır. Evrenin, olasılığı çok düşük olsa da, Belize'ın Olimpiyat Oyunları'nda bütün altın madalyaları topladığı bir geçmişi bulunmalıdır.

Evrenin birden fazla geçmişinin bulunması fikri, insana bilimkurgu gibi gelebilir. Ancak, artık bilimsel bir gerçek olarak kabul ediliyor. Bu fikir, hem büyük bir fizikçi, hem de oldukça şakacı bir kişi olan Richard Feynman tarafından formülleştirildi.

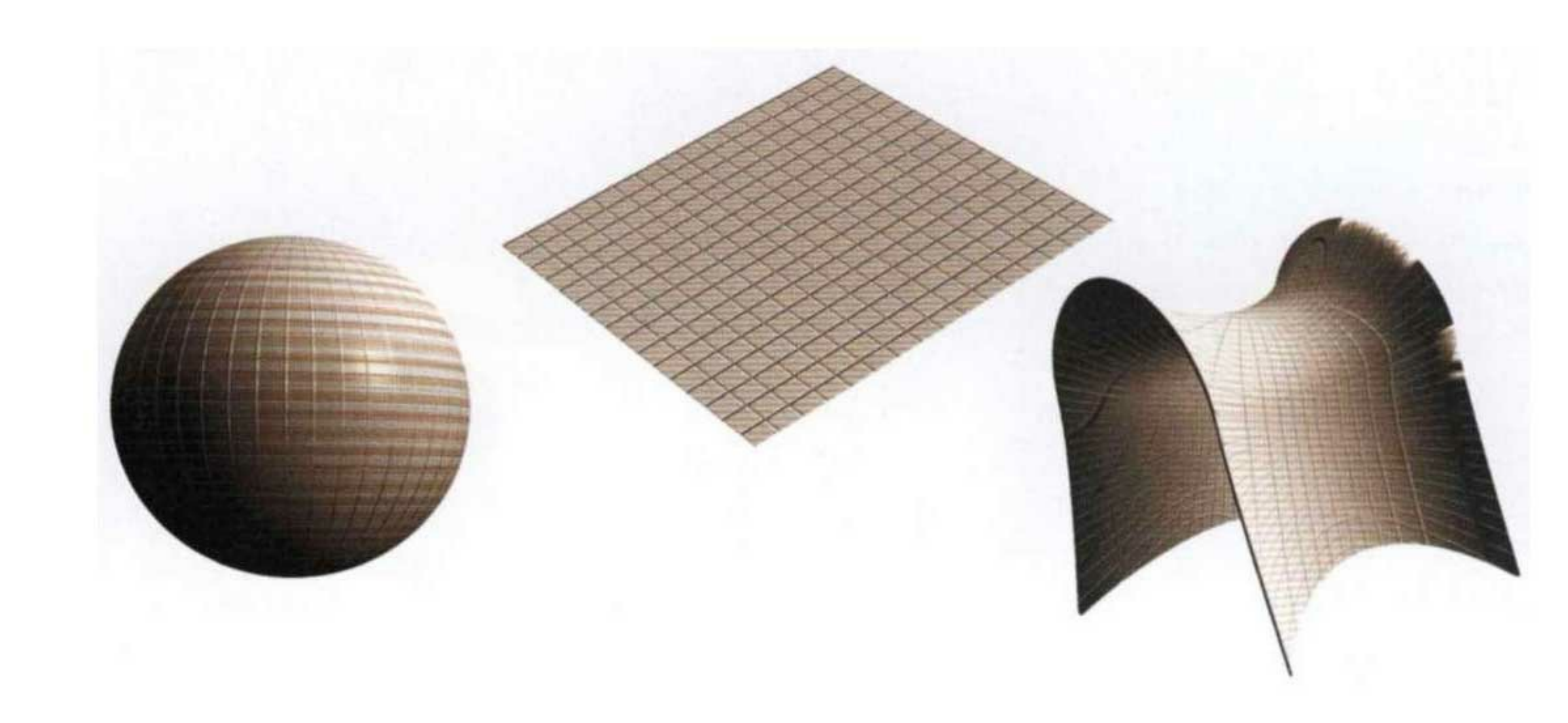
Şimdi, Einstein'ın genel görelilik kuramı ile Feynman'ın birden fazla geçmiş fikrini, evrende gerçekleşen her şeyi tanımlayacak, tamamen birleşik bir kuramda bir araya getirmeye çalışıyoruz. Eğer geçmişlerin nasıl başladığını bilirsek, sözkonusu birleşik kuram, evrenin nasıl gelişeceğini hesaplamamızı sağlayacak. Ancak, birleşik kuram, evrenin nasıl başladığını veya ilk durumunun ne olduğunu bize kendi içinde söylemeyecek. Bunun için, sınır koşullarına, yani uzayın ve zamanın kenarları olan evrenin sınırlarında gerçekleşenleri gösteren kurallara ihtiyacımız var.

Eğer evrenin sınırı, uzay ve zamanın normal bir noktasında bulunsaydı, onun ilerisine gidip ötesindeki bölgenin evrenin bir parçası olduğunu iddia edebilirdik. Buna karşın, evrenin sınırı, uzay ile zamanın büzüldüğü ve sonsuz yoğunlukta, tırtıklı bir kenar olsaydı! ,anlamlı sınır koşulları tanımlamak çok güçleşecekti.



*Eğer, evrenin sınırı, uzay-zamanın sadece bir noktası olsaydı sınırları genişletmeye devam edebilirdik.*

Durum böyleyken, Jim Hartle adlı bir meslektaşım ve beni üçüncü bir olasılığın bulunduğunu fark ettik. Evrenin uzay ve zamanda belki de hiç sınırı yoktur. Bu, ilk bakışta evrenin bir başlangıcının, zamanda bir sınırının olması gerektiğini gösteren, Penrose ve benim bulduğumuz kuramların inkarı gibi görünür. Bununla birlikte, Bölüm 2'de de açıkladığımız gibi, sürdüğünü hissettiğimiz gerçek zamanla dik açı yapan, hayali zaman adı verilen ikinci bir zaman bulunmaktadır. Evrenin gerçek zamandaki geçmişi, hayali zamandaki geçmişleri ve gerçek zamandaki geçmişi de, hayali zamandaki geçmişleri belirler, ancak bu iki geçmiş türü çok farklı olabilir. Evrenin, hayali zamanda, özellikle bir başlangıcı veya sonu olması gerekmez. Hayali zaman, tıpkı uzaydaki başka bir yön gibi davranır. Bu şekilde, evrenin hayali zamandaki tarihleri bir top, düzlem veya semer şeklinde,- ancak iki yerine dört boyuta sahip, eğri yüzeyler olarak düşünülebilir (Şekil 3.9).



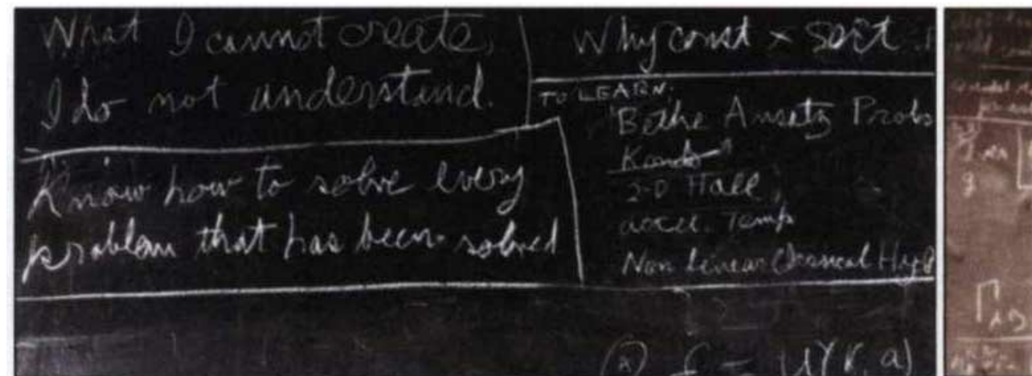
**Şekil 3.9 Evrenin geçmişleri**

*Evrenin geçmişleri, sonsuzluğa bir semer şeklinde uzansaydı, sonsuzluktaki sınır koşullarının belirlenmesi problemi ortaya çıkacaktı. Eğer evrenin hayali zamandaki bütün geçmişleri, Dünya'nınki gibi kapalı yüzeyler olursa, gerek kalmaz.*

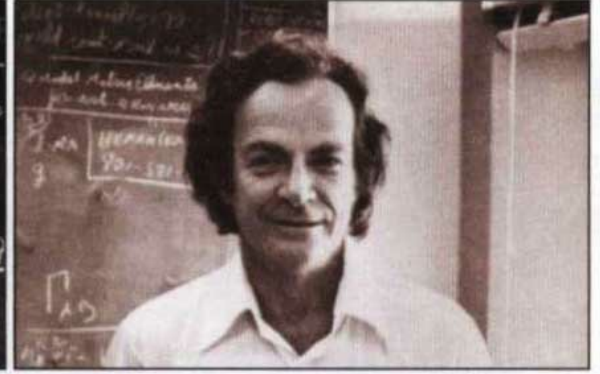
**EVRİM KANUNLARI VE İLK KOŞULLAR**
Fizik kanunları, bir ilk durumun zaman içindeki değişme şeklini belirler, örneğin; yerçekimi kanunları, havaya attığımız bir taşın sonraki hareketini tam olarak belirleyecektir. Ancak, taşın düşeceği yeri, sadece bu kanunlardan öngöremeyiz. Bunun için, elimizden çıkışı sırasındaki hızı ve yönünü de bilmemiz gerekir. Başka bir deyişle, taşın hareketinin ilk koşullarını - sınır koşullarını - bilmemiz gerekir. Kozmoloji, bu fizik kanunlarını kullanarak, evrenin tamamının evrimini tanımlamaya çalışır. Bu yüzden, bu kanunları uygulamamız gereken, evrenin ilk koşullarını araştırmalıyız. İlk durum, evrenin temel özelliklerini, hatta belki de biyolojik yaşamın gelişimi için önemli, temel parçacıktan bile derinden etkilemiş olabilir. Bir öneri; sınırsızlık koşuludur. Bu önerideki zaman ve uzay, tıpkı Dünya yüzeyinin boyut açısından sonsuz, ancak bir sınıra sahip olmaması gibi; sonludur ve sınırsız, kapalı bir yüzey meydana getirir. Sınırsızlık önerisi, Feynman'ın birden fazla geçmiş fikrine dayanır, ancak Feynman'ın toplamındaki bir parçacığın geçmişinin yerini artık, evrenin tamamının geçmişini temsil eden bütün bir uzay-zaman almıştır. Sınırın bulunmadığı koşul, tam olarak. evrenin olası geçmişlerinin, hayali zamanda sınırı bulunmayan uzay-zamanlarla kısıtlanmasıdır. Başka bir deyişle evrenin sınır koşulu sınıra sahip olmamasıdır. Kozmologlar günümüzde, belki de zayıf antropik tezlerle de birlikte sınırsızlık önerisi tarafından desteklenen ilk yapılandırmaların, gözlemlediğimize benzer bir evrene doğru gelişim gösterme olasılığının bulunup bulunmadığını araştırmaktadırlar.

Evrenin geçmişleri, sonsuzluğa bir semer veya düzlem şeklinde uzansaydı, sonsuzluktaki sınır koşullarının belirlenmesi problemi ortaya çıkacaktı. Ancak evrenin hayali zamandaki bütün

geçmişleri Dünya'nın yüzeyi gibi kapalı yüzeyler olursa, sınır koşullarının belirlenmesi zorunluluğundan kaçınılabilir. Dünyanın yüzeyi hiçbir sınır veya kenara sahip değildir. Aşağı düşen insanlarla ilgili güvenilir hiçbir rapor yoktur.




*Feynman'ın 1988'deki ölümü döneminde Caltech'teki karatahta.*

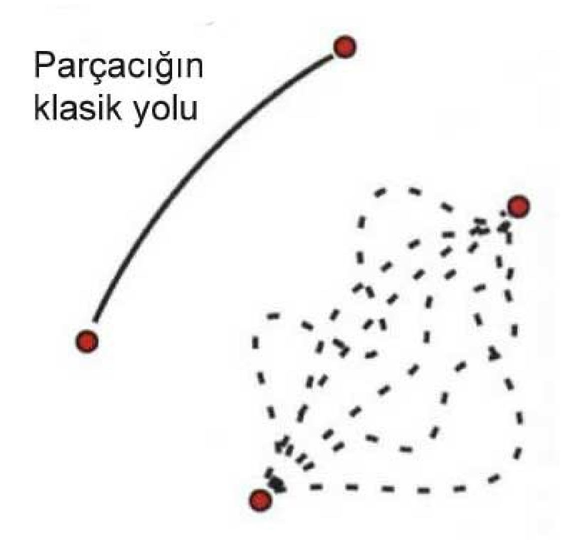


*Richard Feynman.*

**FEYNMAN ÖYKÜLERİ**

New York'un Brooklyn bölgesinde, 1918'de doğan Richard Feynman, doktorasını 1942'de Princeton Üniversitesinde, John Wheeler'in danışmanlığı altında tamamladı. Hemen ardından da Manhattan Projesine katıldı. Burada, canlı kişiliği ve şakaları ile - Los Alamos laboratuarlarındayken, çok gizli belgelerin saklandığı kasaların şifresini çözmekten zevk alırdı ve sıradışı bir fizikçi olarak tanındı: atom bombası kuramına katılım yapan vazgeçilmez kişilerden biri haline geldi. Feynman'ın dünya hakkındaki sınırsız merakı onun varlık nedeniydi. Bu, sadece bilimsel başarısını tetiklemekle kalmadı, aynı zamanda onu, Maya hiyerogliflerini çözmek gibi, şaşırtıcı başarılara da götürdü. Feynman. II. Dünya Savaşını izleyen yıllarda, kuantum mekaniği hakkında etkili, yeni bir düşünce biçimi buldu. Bunun sayesinde 1965'te Nobel Ödülü aldı. Her bir parçacığın belirli, tek bir tarihi olması varsayımına karşı çıktı. Bunun yerine, parçacıkların uzay-zamanda olası her yol boyunca, bir konumdan diğerine ilerlediği önerisini getirdi. Feynman, her bir yörünge ile, biri dalganın boyutu - genliği - ve biri de fazı - çukurda veya tepede bulunması olmak üzere, iki sayıyı ilişkilendirdi. A'dan B'ye giden bir parçacığın ihtimali, A ve B'den geçen olası her yolla ilgili dalgaların toplanmasıyla bulunuyordu.

Yine de nesneler gündelik dünyada başlangıçtan ile sonuçsal hedefleri arasında tek bir yol izliyormuş gibi görünür. Bu durum Feynman'ın birden fazla geçmiş (veya geçmişlerin toplamı sum-over-histories) fikri ile uyum gösterir. Çünkü, her bir yola sayılar atama kuralı, büyük nesneler için yolların katılımları birleştirildiğinde, biri dışında bütün yolların birbirini etkisizleştirmesini garanti eder. Sonsuz yollardan sadece biri, makroskobik nesnelerin hareketi göz önüne alındığı sürece, önemlidir ve bu yörünge de Newton'un klasik hareket kanunlarından ortaya çıkandır.




*Bir parçacık Feynman'ın yol toplamındaki olası her yolu izler.*

Eğer evrenin hayali zamandaki geçmişleri; Hartle ve benim önerdiğimiz gibi, aslında kapalı yüzeylerse, bunun felsefe ve geldiğimiz yerin tanımı için önemli imaları var demektir. Çünkü, bu durumda evren, tamamen bağımsız olacaktır! Dışarıdan hiçbir şeyin saat düzeneğini kurmasına ve çalıştırmasına gerek duymayacaktır. Bunun yerine, evrendeki her şey bilim kanunları ve evren içerisindeki zar atışları ile belirlenecektir. Bu, size küstahça gelebilir, ancak ben ve diğer birçok bilim adamı buna inanıyoruz.

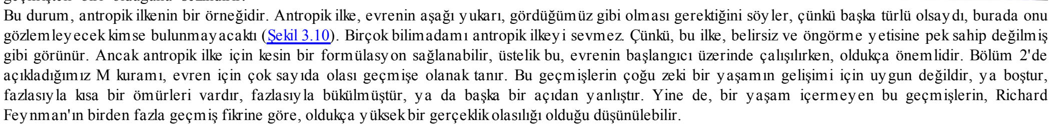




Her ne kadar evrenin sınır koşulu, sınırının bulunmaması olsa da; sadece tek bir geçmişi olmayacaktır. Feynman'ın da öne sürdüğü gibi, evren, birden fazla geçmişe sahip olacaktır. Hayali zamanda olası, kapalı her yüzeye karşılık gelen bir geçmiş bulunacak ve; hayali zamandaki her geçmiş, gerçek zamandaki bir geçmişi belirleyecektir. Böylece, evren için birçok olasılık elde ederiz. Olası tüm evrenler arasından, içinde yaşadığımız özel evreni seçen nedir? Gözümüze çarpan bir olgu; evrenin olası geçmişlerinden çoğunun gelişimimiz için şart olan, galaksilerin ve yıldızların meydana gelme zincirinden geçmeyeceğidir. Akıllı varlıklar, galaksiler ve yıldızlar olmadan evrim geçirebilse de, bu pek olası değildir.



Böylece, "Evren niye bu şekilde?" sorusunu sorabilen varlıklar olarak varlığımız, içinde yaşadığımız geçmişin bir kısıtlamasıdır. Bu, onun galaksilere ve yıldızlara sahip, çok az geçmişten biri olduğunu sezindirir.



Bu durum, antropik ilkenin bir örneğidir. Antropik ilke, evrenin aşağı yukarı, gördüğümüz gibi olması gerektiğini söyler, çünkü başka türlü olsaydı, burada onu gözlemleyecek kimse bulunmayacaktı (Şekil 3.10). Birçok bilimadamı antropik ilkeyi sevmez. Çünkü, bu ilke, belirsiz ve öngörme yetisine pek sahip değilmiş gibi görünür. Ancak antropik ilke için kesin bir formülasyon sağlanabilir, üstelik bu, evrenin başlangıcı üzerinde çalışılırken, oldukça önemlidir. Bölüm 2'de açıkladığımız M kuramı, evren için çok sayıda olası geçmişe olanak tanır. Bu geçmişlerin çoğu zeki bir yaşamın gelişimi için uygun değildir, ya boştur, fazlasıyla kısa bir ömürleri vardır, fazlasıyla bükülmüştür, ya da başka bir açıdan yanlıştır. Yine de, bir yaşam içermeyen bu geçmişlerin, Richard Feynman'ın birden fazla geçmiş fikrine göre, oldukça yüksek bir gerçeklik olasılığı olduğu düşünülebilir.

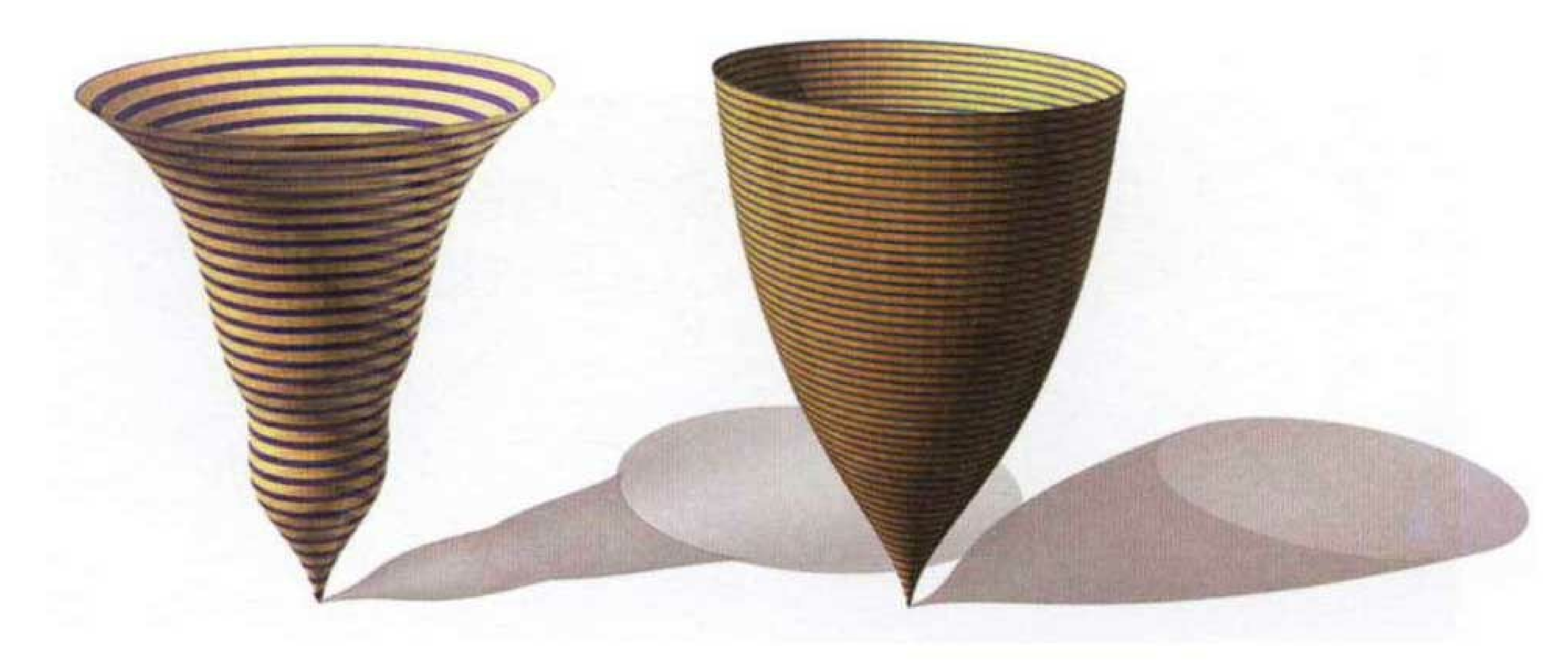



**Şekil 3.10**

Şeklin en solunda kendi üzerlerine çökerek kapanan evrenler (a); en sağda ise, sonsuza dek genişlemeye devam edecek açık evrenler (b) görülüyor.

Kendi üzerlerine çökmek ile (c1) gibi veya (c2)'nin çift şişkinliği gibi, genişlemeye devam etmek arasında dengelenen söz konusu kritik evrenler, düşünsel yaşam biçimlerine el verebilir. Bizim evrenimiz (d) ise, şimdilik genişlemeye devam ediyor.

Antropik İlke Antropik ilke, aşağı yukarı şunu demeye getirir Evreni, varlığımızdan dolayı, en azından kısmen, olduğu gibi görürüz. Bu bakış açısı, doğa kanunlarının tam olduğu ve tersinin olanaksızlığı nedeniyle dünyanın bu şekilde bulunduğu, tümüyle öngörülebilen, birleşik bir kuram düşüne tamamen karşı çıkar. Antropik ilkenin; önemsiz olacak kadar zayıflardan, saçma olacak kadar güçlülerine kadar değişen çeşitli yorumları vardır. Her ne kadar bilimadamlarının çoğu, antropik ilkenin güçlü bir yorumunu benimsemek konusunda gönülsüz olsa da, çok az kişi antropik bazı zayıf önerilerin faydasına karşı çıkacaktır. Zayıf antropik ilke; evrenin, içinde yaşamış olabileceğimiz, olası, çeşitli çağları veya kısımlarının bir açıklamasına karşılık gelir. Örneğin; büyük patlama on milyar yıl önce meydana gelmiştir, çünkü evren öylesine yaşlı olmalıdır ki, bazı yıldızlar bizi oluşturan karbon ve oksijen gibi elementleri üretmek üzere evrimlerini tamamlayabilsin. Üstelik öyle genç olmalıdır ki, bazı yıldızlar yaşama güç vermek için hâlâ enerji sağlayabilsin. Sınırsızlık önerisinin yapısı içerisinde, evrenin gerçekleşmesi olası özelliklerini bulmak için, Feynman'ın, evrenin her bir geçmişine sayılar atanması kuralı kullanılabilir. Antropik ilke, bu kapsamda geçmişlerin zeki yaşam içermesini zorunlu kılar. Evren için farklı ilk yapılanmalardan birkaçının, gözlemlediğimiz gibi bir evren meydana getirmek üzere gelişebildiğini gösterebilirsek, antropik ilke bizi memnun eder. Yani, evrenin içinde yaşadığımız kısmının ilk halinin, büyük bir özenle seçilmiş olması gerekmez.



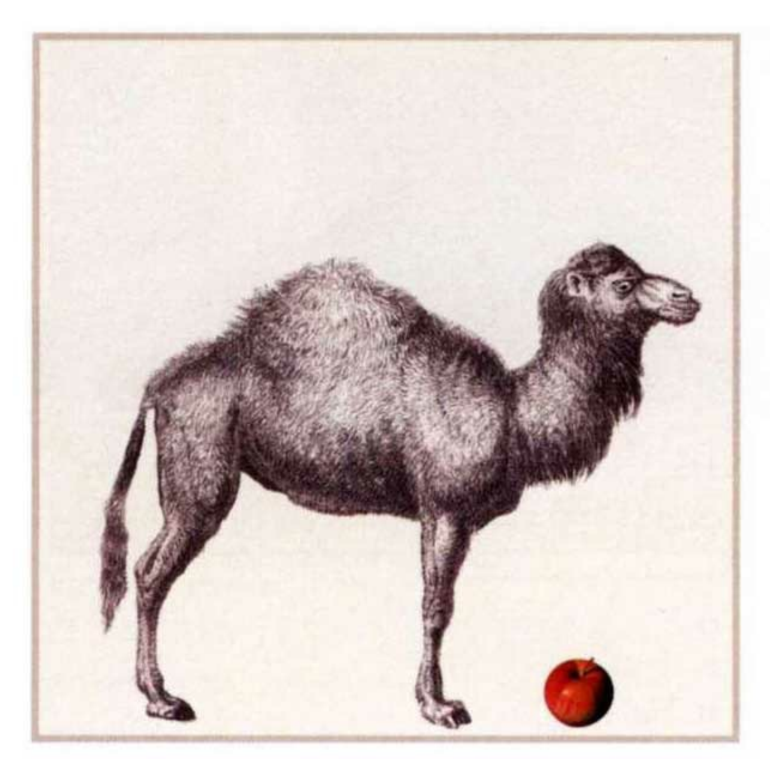
Çift şişkinlik zeki yaşama yer verebilir.

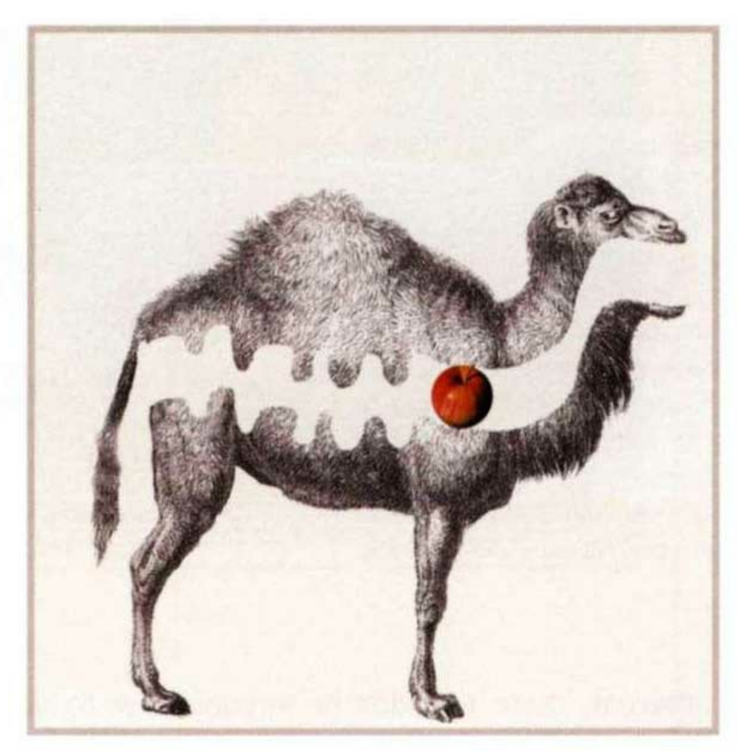
Bizim evrenimizin şişkinliği şimdilik genişlemeye devam ediyor.

Düşünsel varlıklar içeren geçmişlerin sayısı, aslında, gerçekten de fark etmez. Biz sadece içinde düşünsel yaşamın geliştiği geçmiş altkümeleri ile ilgileniyoruz. Bu yaşamın insana özgü olması gerekmez. Küçük yeşil uzaylılar da işimizi görür. Aslında daha da iyi olabilirler. Çünkü, insan soyunun zekice davranış açısından çok iyi bir sicili olduğunu söylemek pek de akıllıca sayılamaz!

Antropik ilkenin etkisine bir örnek olarak, uzaydaki yönlerin sayısını düşünün. Üç boyutlu bir evrende yaşadığımızı deneyimlerimizden biliyoruz. Yani, uzaydaki bir noktanın konumunu üç sayıyla, örnek olarak enlem, boylam ve deniz seviyesinden yükseklikle gösterebiliriz. Peki ama, uzay niye üç boyutlu?







Neden bilimkurguda olduğu gibi iki, dört veya başka sayıda boyuta sahip değil? Uzay, M kuramında, dokuz veya on boyuta sahiptir. Ancak, altı veya yedi yönün kıvrılıp küçülerek, geriye büyük ve yaklaşık düz olan üç boyut bıraktığı varsayılır. Neden boyutlarının sekizinin kıvrılıp küçülerek, geriye sadece fark ettiğimiz iki boyutu bıraktığı bir geçmişte yaşamıyoruz? İki boyutlu bir hayvan, yemini sindirirken, oldukça zorlanacaktı. içinden geçen bir bağırsağı olsaydı, hayvanı ikiye bölecek ve zavallı yaratık parçalarına ayrılacaktı. Bu yüzden, düz iki yön, düşünsel bir yaşam biçimi kadar karmaşık bir şey için yetersizdir. Buna karşın,- yaklaşık düz dört yön olsaydı, iki kitle arasındaki kütle çekim kuvveti, iki kitle birbirine yaklaştıkça, daha hızlı artacaktı. Yani, gezegenlerin, güneşlerin çevresinde kararlı bir yörüngeleri olmayacaktı. Ya güneşin üzerine düşecek (Şekil 3.12A), ya da dıştaki karanlık ve soğuğa kaçacaklardı (Şekil 3.12B)



**Şekil 3.11**

Bir pipet, belli bir uzaklıktan, tek boyutlu bir çizgi gibi görünür.




B

Şekil 3.12







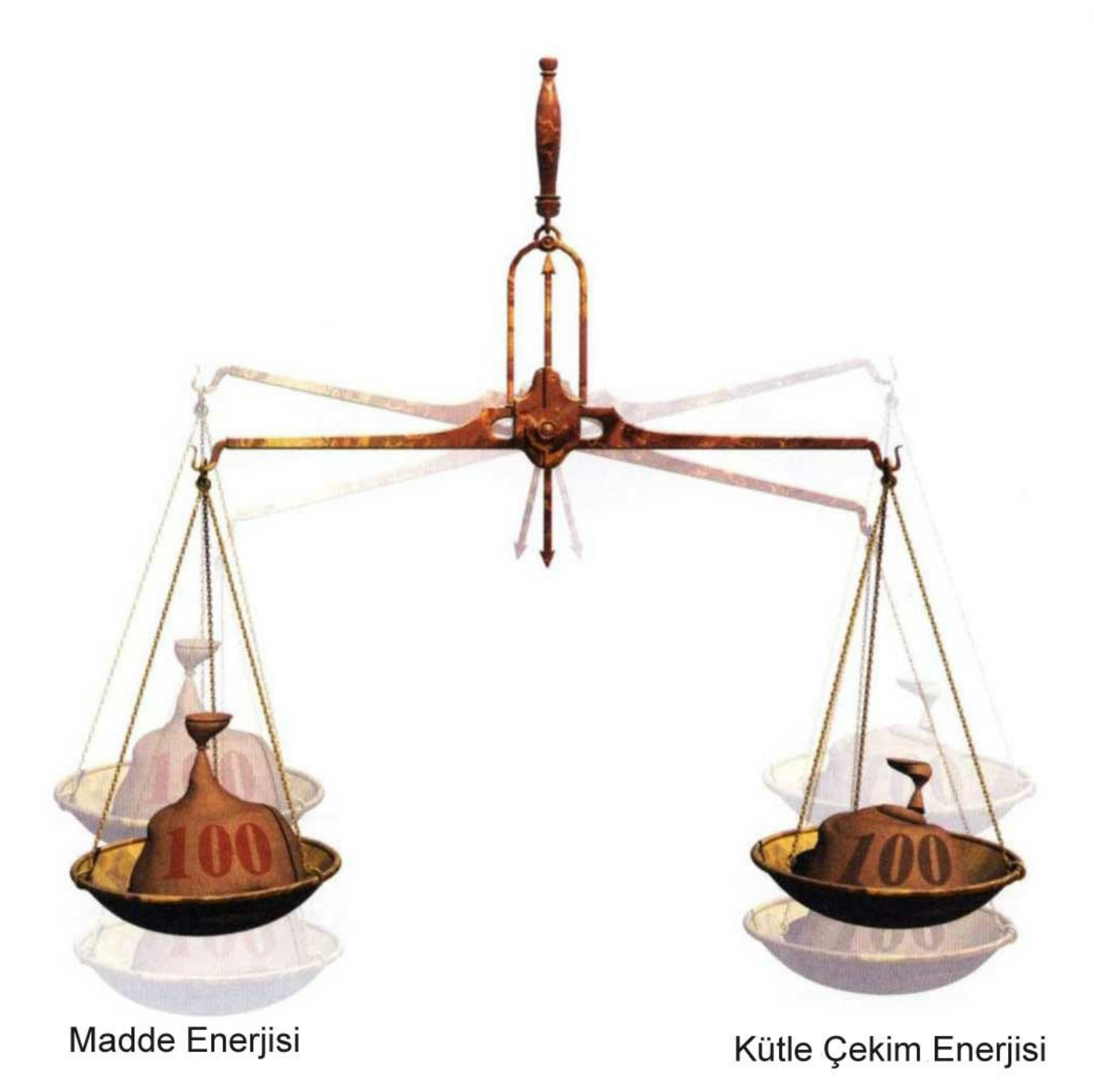


**Şekil 3.13**

*Sınırı olmayan en basit hayali zaman geçmişi bir küredir.*
*Bu, gerçek zamanda şişkinlik yaparak genişleyen bir geçmiş belirler.*

Benzer şekilde, atomlardaki elektronların yörüngeleri de kararlı olmayacak, böylece, bizim bildiğimiz madde de var olmayacaktı Böylece, her ne kadar birden fazla geçmiş fikri, yaklaşık olarak düz, her sayıda yöne imkan tanısa da, sadece üç tane düz yöne sahip geçmişler zeki varlıklar içerecektir. Sadece böyle geçmişlerde "Neden uzayın üç boyutu var?" sorusu sorulacaktır.

Evrenin hayali zamandaki en basit geçmişi, Dünya'nın yüzeyi gibi olan, ancak iki boyuta daha sahip, yuvarlak bir küredir (Şekil 3.13). Bu, gördüğümüz evrenin gerçek zamandaki geçmişini belirler, evren bu geçmişte uzayın her noktasında aynıdır ve zamanla genişler. Bu yönden, içinde yaşadığımız evrene benzer. Ancak genişleme hızı çok yüksektir ve hızlanmayı da sürdürür. Bu şekilde ivmelenen genişlemeye enflasyon (şişme - inflation) denir, çünkü fiyatların sürekli yükselen bir hızda artmasına benzer.




**Şekil 3.14**

Fiyatlardaki enflasyona genellikle kötü gözle bakılır. Ancak, evren söz konusu olduğunda, enflasyon faydalıdır. Büyük enflasyon miktarları, evrenin erken zamanlarında bulunabilecek şişkinlik ve çıkıntıları düzleştirir. Evren genişledikçe, daha fazla madde yaratmak için, kütle çekim alanından enerji ödünç alır. Pozitif madde enerjisi, negatif kütle çekim enerjisi tarafından tamamen dengelenir, böylece toplam enerji sıfır olur. Evrenin boyutu iki katına çıktığında, hem madde, hem de kütle çekim enerjisi iki katına çıkar, böylece sıfırın iki katı yine sıfır olur. Keşke bankacılıkda bu kadar basit olsaydı (Şekil 3.14).

Eğer evrenin hayali zamandaki geçmişi, kusursuz yuvarlak bir küre olsaydı, gerçek zamanda ona karşılık gelen geçmiş, sonsuza dek enflasyonlu bir şekilde genişleyen bir evren olurdu. Evren enflasyonist olarak büyürken, madde galaksileri ve yıldızları oluşturmak üzere birleşemezdi ve bırakın bizimkisi gibi bir yaşam biçimini, yaşam gelişemezdi bile. Böylece, her ne kadar evrenin hayali zamandaki kusursuz yuvarlaklıktaki küreler olan geçmişlerine birden fazla geçmiş fikri ile imkan verilse de, pek ilgi alanımıza girmez. Bununla birlikte, hayali zamandaki, kürelerin güney kutbunda hafifçe düz olduğu geçmişler çok daha belirgindir (Şekil 3.15).











**Şekil 3.15 Enflasyonist Evren**

Büyük patlama modelinde, evrenin erken zamanların, ısının bir bölgeden diğerine akması için yeterli süre yoktu. Yine de, hangi yöne bakarsak bakalım, mikrodalga fon radyasyonu sıcaklığının aynı olduğunu gözlemleriz. Bu, evrenin ilk durumunun, her yerde aynı sıcaklığa sahip olması gerektiği anlamına gelir. Farklı birçok ilk yapının, şu anki evrene benzer biçimde evrim geçirebileceği bir model bulmak için, evrenin ilk zamanlarının çok hızlı bir genişlemeden geçmiş olabileceği öne sürüldü. Bu genişlemenin enflasyonist olduğu; yanı, günümüzde gözlemlediğimiz, azalan genişleme hızı yerine, sürekli artan bir hızda gerçekleştiği söylendi. Böyle enflasyonist bir aşama, evrenin her yönden aynı görünmesinin sebebini açıklayabilir. Çünkü, evrenin ilk zamanlarında ışığın bir bölgeden diğerine ilerlemesi için yeterli süre bulunacaktır. Bir evrenin, hep enflasyonist bir şekilde genişleyen, hayali zamandaki geçmişine, kusursuz yuvarlak bir küre karşılık gelir. Ancak kendi evrenimizdeki enflasyonist genişleme. saniyenin bir kesrinden sonra yavaşladı ve galaksiler meydana gelebildi. Yani, evrenimizin hayali zamandaki geçmişi, hafifçe düz bir Güney Kutbuna sahip bir küredir.

Gerçek zamanda karşılık gelen geçmiş bu durumda ilk başta ivmeli, enflasyonist bir şekilde genişleyecektir. Ancak genişleme daha sonra yavaşlamaya başlayacak ve galaksiler meydana gelebilecektir. Düşünsel yaşam biçiminin gelişebilmesi için, Güney Kutbu'ndaki düzlüğün çok hafif olması gerekir. Yani, evren, ilk olarak büyük bir miktarda genişleyecektir. Parasal enflasyonun rekor düzeyi Almanya'da iki dünya savaşı arasında, fiyatlar milyar kere milyar defa arttığında gerçekleşti, ancak evrende gerçekleşmiş olması gereken enflasyon bunun en azından milyar kere milyar kere milyar katıdır (Şekil 3.16).

TOPTANCI FİYAT ENDEKSİ - ENFLASYON VE HIPERENFLASYON

Haziran 1914

Ocak 1919

Haziran 1919

Ocak 1920

Ocak 1921

Haziran 1921

Ocak 1922

Haziran 1922

Ocak 1923

Haziran 1923

Kasım 1923




1914'te bir Alman Markı



1923'te on bin Mark



1923'te iki milyon Mark



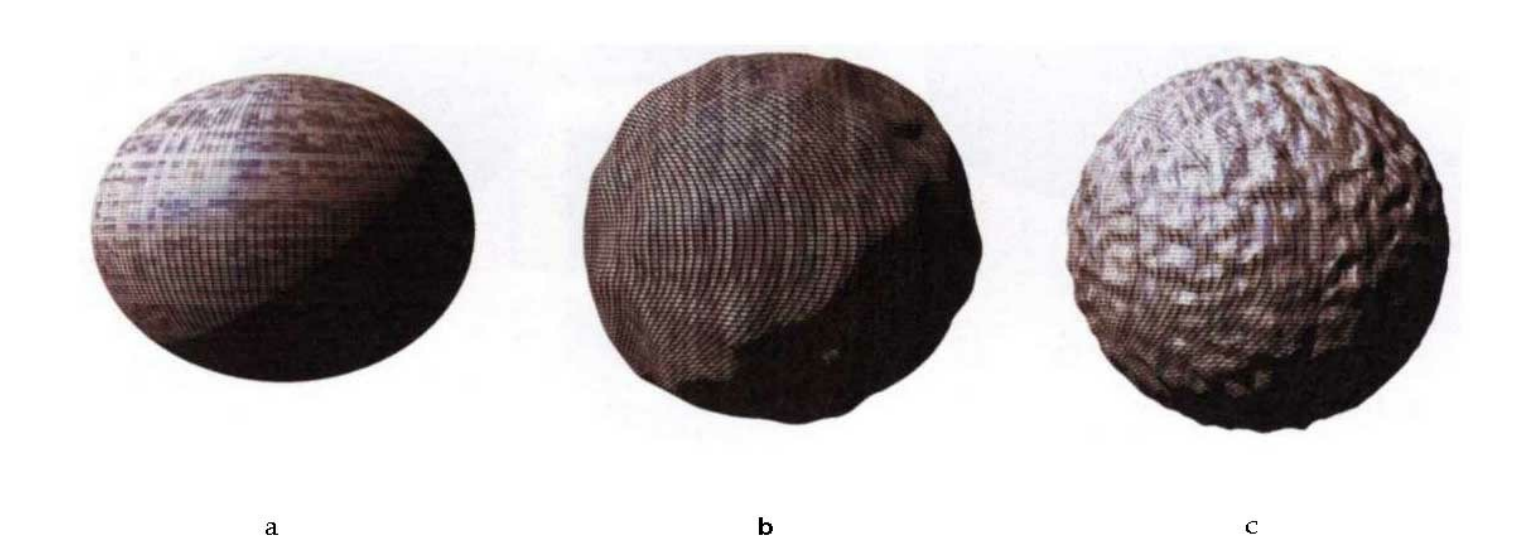

1923'te on milyon Mark




1923'te bir milyar Mark

**Şekil 3.16 Enflasyon Bir Doğa Kanunu Olabilir**

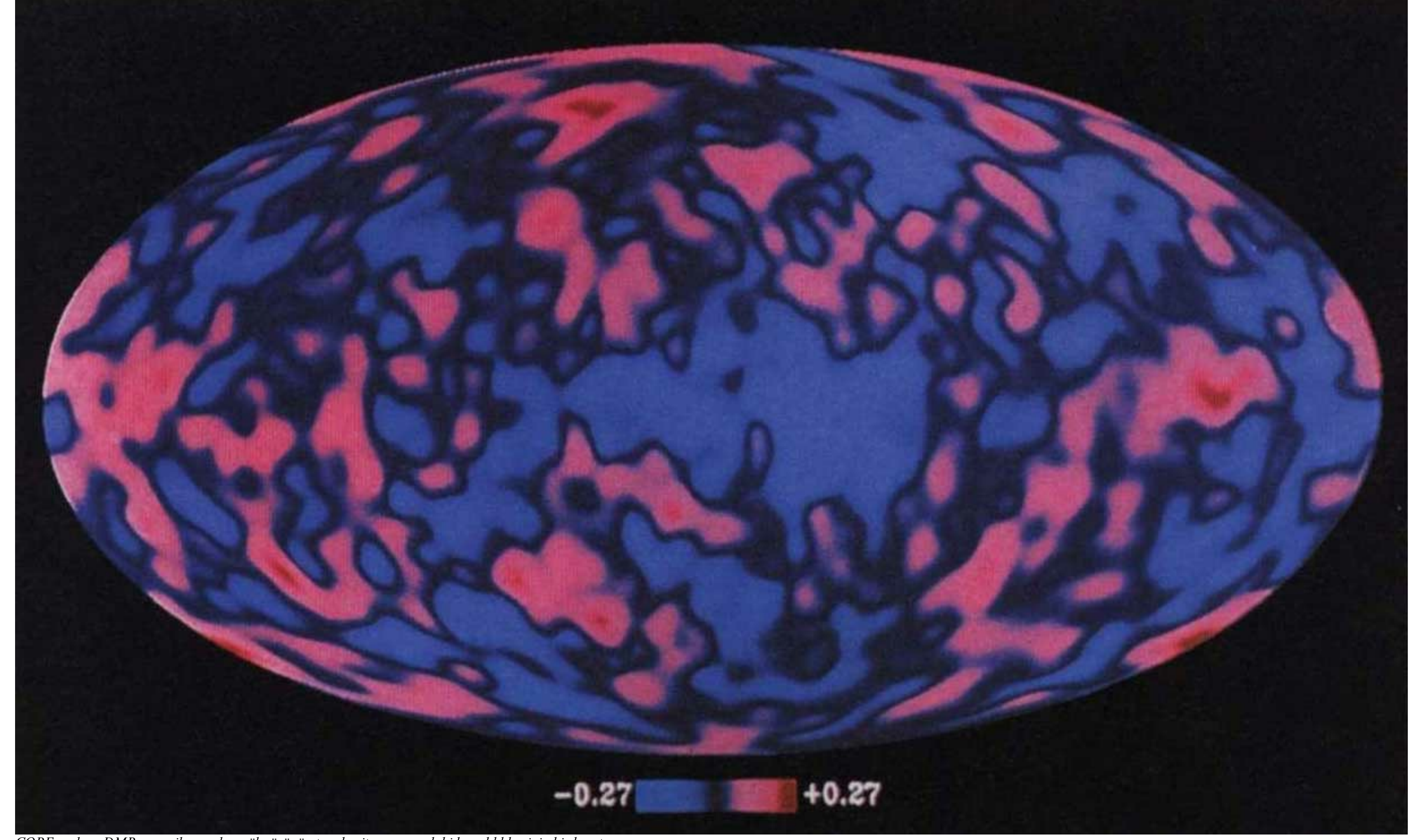
*Almanya'daki enflasyon (I. Dünya Savaşı'nı bitiren) barıştan sonra yükseldi. Fiyat seviyesi, Şubat 1920'ye kadar 1918'dekinin beş katına fırladı. Haziran 1922'den sonra hiperenflasyon dönemi başladı. Paraya duyulan tüm güven kayboldu ve fiyat endeksi daha da hızlı yükselerek paranın değer kaybedişi kadar hızlı para üretemeyen matbaaların gücünü bastırdı. 1923'ün sonlarına doğru, 300 kağıt fabrikası son hızda çalışıyordu ve 150 basımevinin gece gündüz çalışarak tedavüle para çıkaran 2000 matbaası vardı.*




**Şekil 3.17 Olası ve Olanaksız Geçmişler**

*(a) benzeri düzgün geçmişler en olasıdır, ancak sayıları azdır.*
*Her ne kadar hafifçe çarpık (b) ve (c) geçmişlerinin her biri daha az olası olsa da: o kadar çok sayıdadır ki, evrenin olası geçmişleri düzgünlükten küçük sapmalar yapacaktır.*

Belirsizlik ilkesi nedeniyle, evrenin düşünsel yaşam içeren sadece bir geçmişi olmayacaktır. Bunun yerine, hayali zamandaki geçmişler, hafifçe bozulmuş bir küre ailesi olacaktır. Bu kürelerin her biri, evrenin uzun bir süre, ancak belirsiz olmayan bir şekilde şişkinlik yaptığı, gerçek zamandaki bir geçmişe karşılık gelir. Bu durumda imkan tanınan bu geçmişlerin hangisinin en olası olduğunu sorabiliriz. En olası geçmişlerin tamamen düz olmadığı ve küçük girintileri ile çıkıntılarının bulunduğu ortaya çıkar (Şekil 3.17). En olası geçmişler üzerindeki dalgalanmalar gerçekten de çok küçüktür. Düzlükten sapmalar, yüz bin parçanın birinde görülür. Yine de, son derece küçük olsalar da, onları uzayda farklı yönlerden gelen mikrodalgalardaki ufak değişiklikler şeklinde gözlemlemeyi başardık Cosmic Background Explorer (Kozmik Fon Kaşifi) uydusu 1989'da fırlatıldı ve gökyüzünün mikrodalga haritası çıkartıldı.



*COBE uydusu DMR aracı ile yapılan gökyüzünün tam haritası zamandaki kırışıklıklar için bir kanıt sunuyor.*

Farklı renkler farklı sıcaklıkları belirtir, ancak kırmızı ile mavi arasındaki bütün fark, sadece bir derecenin yaklaşık binde biridir. Bu yine de, daha yoğun bölgelerdeki fazladan kütle çekim, bölgelerin sonuçta genişlemesini engellemesi ve galaksi ile yıldızları meydana getirmek üzere, kendi kütle çekimlerinin altında tekrar çökmelerini sağlaması için, evrenin erken zamanlarının farklı bölgeleri arasında yeterli çeşitlilik oluşturur. Böylece COBE haritası, en azından ilkesel olarak, evrendeki bütün yapıların planıdır.

Evrenin, düşünsel varlıkların belirmesi için uygun, en olası geçmişlerinin gelecekteki davranışı nasıl olacaktır? Evrendeki madde miktarına bağlı olan çeşitli olasılıklar varmış gibi görünür. Eğer belirli, kritik bir miktardan fazlası var ise, galaksiler arasındaki kütle çekim, onları yavaşlatacak ve sonunda, birbirlerinden uzaklaşıp gitmelerini engelleyecektir. Bunun ardından, birbirlerine doğru düşmeye başlayacak ve evrenin gerçek zamandaki sonu olacak, büyük bir çöküş ile bir yerde toplanacaklardır (Şekil 3.18).



**Şekil 3.18**

*Evrenin olası sonlarından biri; bütün maddelerin engin, yıkıcı bir kütle çekim kuyusuna emileceği büyük çöküştür.*

Eğer evrenin yoğunluğu kritik değerin altındaysa, kütle çekim, galaksilerin birbirinden uzaklaşıp gitmesini sonsuza dek engellemek için fazla zayıf olur. Bütün yıldızlar sönecek, evren artan bir biçimde boşalacak ve soğuyacak. Böylece her şeyin sonu yine gelecek; ama daha az dramatik bir şekilde. Evren, her iki şekilde de, birkaç milyar yıl daha varlığını sürdürecek (Şekil 3.19).



KOZMOLOJİK

SABİT

benim

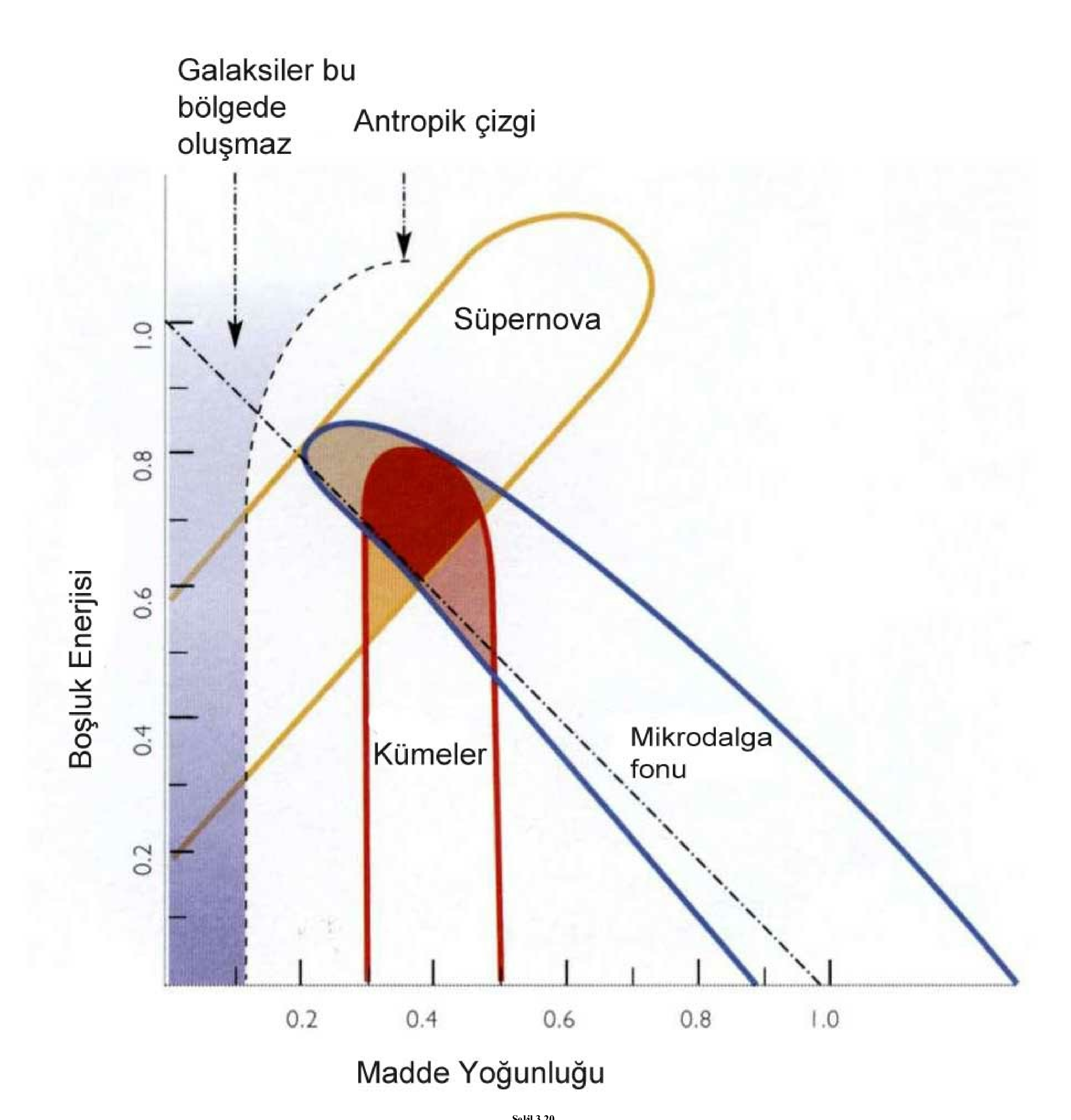
EN BÜYÜK

HATAMDI?

Albert Einstein

Evren madde içerdiği gibi "boşluk enerjisi", yani boş görünen bir uzayda bile var olan enerjiyi de içerebilir. Einstein'ın ünlü $E = mc^2$ formülüne göre, bu boşluk enerjisinin kütlesi vardır. Ancak boşluk enerjisinin etkisi, açık bir şekilde, maddeninkinin tersidir. Madde, genişlemeyi yavaşlatır ve nihayet onu durdurabilir veya tersine çevirebilir. Buna karşın, boşluk enerjisi, şişkinlikte olduğu gibi, genişlemenin ivme kazanmasına neden olur. Boşluk enerjisi aslında Einstein'ın durağan bir evreni temsil eden bir çözüm vermediklerini fark ettiğinde, 1917'de orijinal eşitliklerine eklediği, Bölüm 1'de bahsettiğimiz kozmolojik sabit gibi davranır. Hubble'ın evrenin genişlediğini keşfetmesinin ardından, sözkonusu eşitliklere bir terim ekleme güdüsü ortadan kalktı ve Einstein da kozmolojik sabiti, bir hata olarak, reddetti.

Bununla birlikte, bu sabit hiç de hata olmayabilirdi. Bölüm 2'de de açıkladığımız gibi, kuantum kuramının, uzay-zamanın kuantum titreşimleri ile dolu olduğunu ima ettiğini fark ediyoruz. Bu taban durum titreşimlerinin sonsuz, pozitif ve negatif enerjileri, süper simetrik bir kuramda, farklı spinlere sahip parçacıklar arasında birbirini etkisizleştirir. Ancak pozitif ve negatif enerjilerin küçük, sonlu miktarda bir boşluk enerjisi kalmayacak kadar etkisizleşmesini beklemeyiz, çünkü evren süper simetrik bir durumda değildir. İnsanı hayrete düşüren tek şey, boşluk enerjisinin kısa bir süre önce fark edilmeyecek kadar sıfıra yakın olmasıdır. Bu, antropik ilkenin belki de başka bir örneğidir. Daha büyük bir boşluk enerjisine sahip bir geçmiş, galaksiler meydana getirmeyecek, böylece Boşluk enerjisi neden gözlemlediğimiz değerde?" sorusunu sorabilecek varlıklar içermeyecektir.




**Şekil 3.20**

*Evrendeki boşluk enerjisi ve madde yoğunluğu, uzak süpernovalardan, kozmik mikrodalga fon radyasyonundan ve maddenin evrendeki dağılımından elde edilen gözlemlerle, oldukça iyi bir şekilde tahmin edilebilir.*

Evrendeki madde ve boşluk enerjisi miktarlarını çeşitli gözlemlerle belirlemeye çalışabiliriz. Sonuçları, madde yoğunluğunun düşey yönde ve boşluk enerjisinin yatay yönde bulunduğu bir şemada gösterelim. Noktalı çizgi zeki yaşamın gelişebileceği bölgenin sınırını gösterir (Şekil 3.20).

*"Bir ceviz kabuğuna hapis olabilirdim ve*
*kendimi sonsuz uzayın bir kralı sayabilirdim."*
—Shakespeare,

Hamlet, 2. Perde, Sahne 2



Süpernovalar, kümelenmeler ve mikrodalga fonda yapılan gözlemlerin her biri, bu şemadaki bölgeleri belirler. Neyse ki, üç bölgenin de ortak bir kesişme noktası vardır. Madde yoğunluğunun ve boşluk enerjisinin bu kesişimde kalması, evrenin genişlemesinin uzun bir yavaşlama periyodunun ardından, tekrar hızlanmaya başladığı anlamına gelir. Enflasyon bir doğa kanunu olabilir.

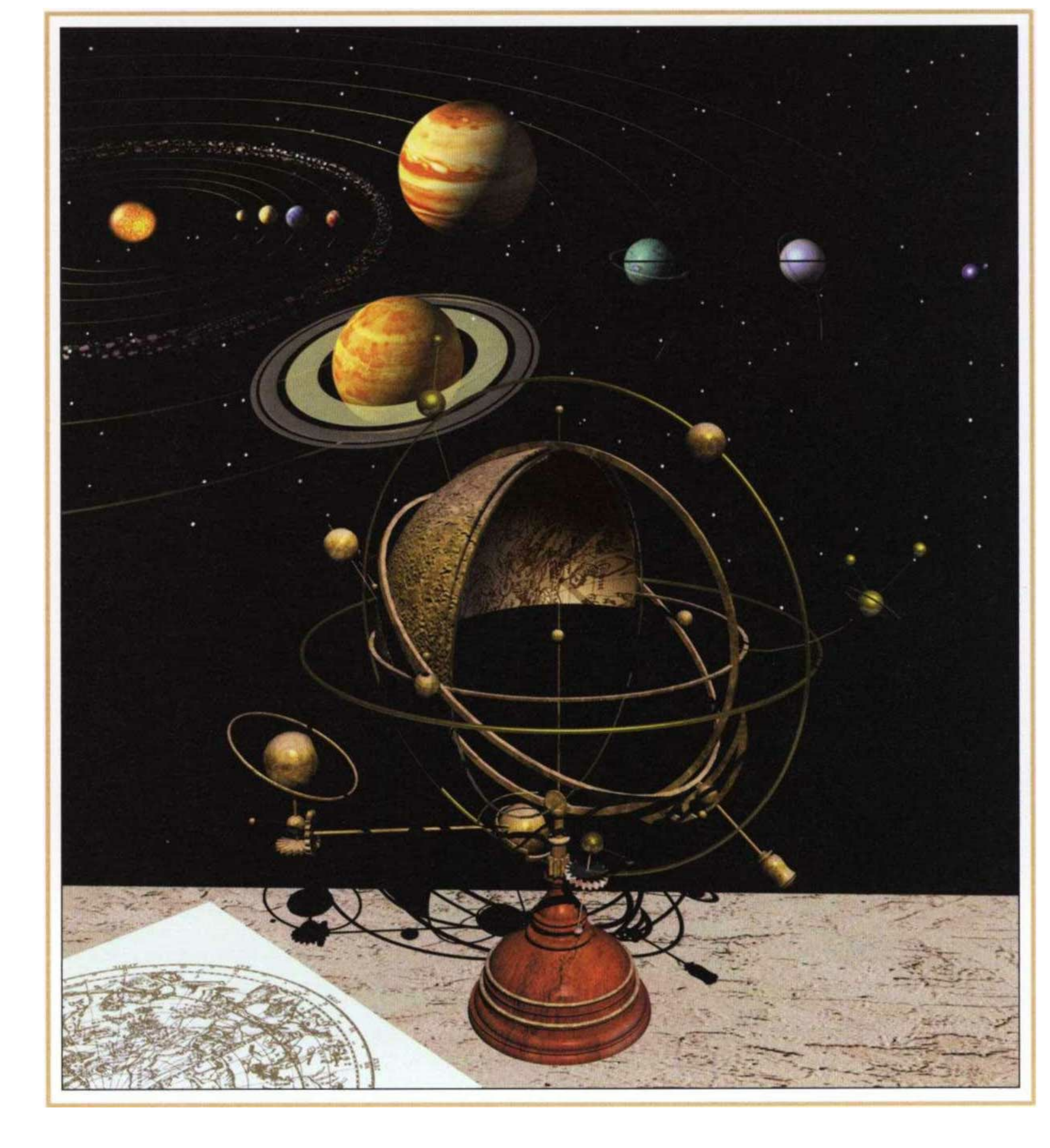
Bu bölümde engin evrenin davranışının hayali zamandaki küçük, hafifçe düzleşmiş bir küre olan geçmişi cinsinden nasıl anlaşılabileceğini gördük. Bu küre Hamlet'in ceviz kabuğuna benzer, ama bu ceviz gerçek zamanda gerçekleşen her şeyi kodlar. Demek ki Hamlet oldukça haklıydı. Bir ceviz kabuğuna hapis olabilir ve hâlâ kendimizi sonsuz uzayın kralı sayabilirdik.

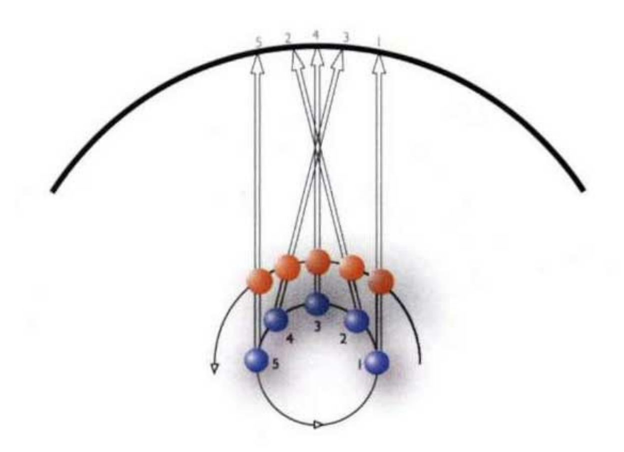
## Bölüm 4

# Geleceğin Öngörülmesi

*Bilgilerin kara deliklerde kaybolmasının,*
*öngörü yeteneğimize etkileri.*







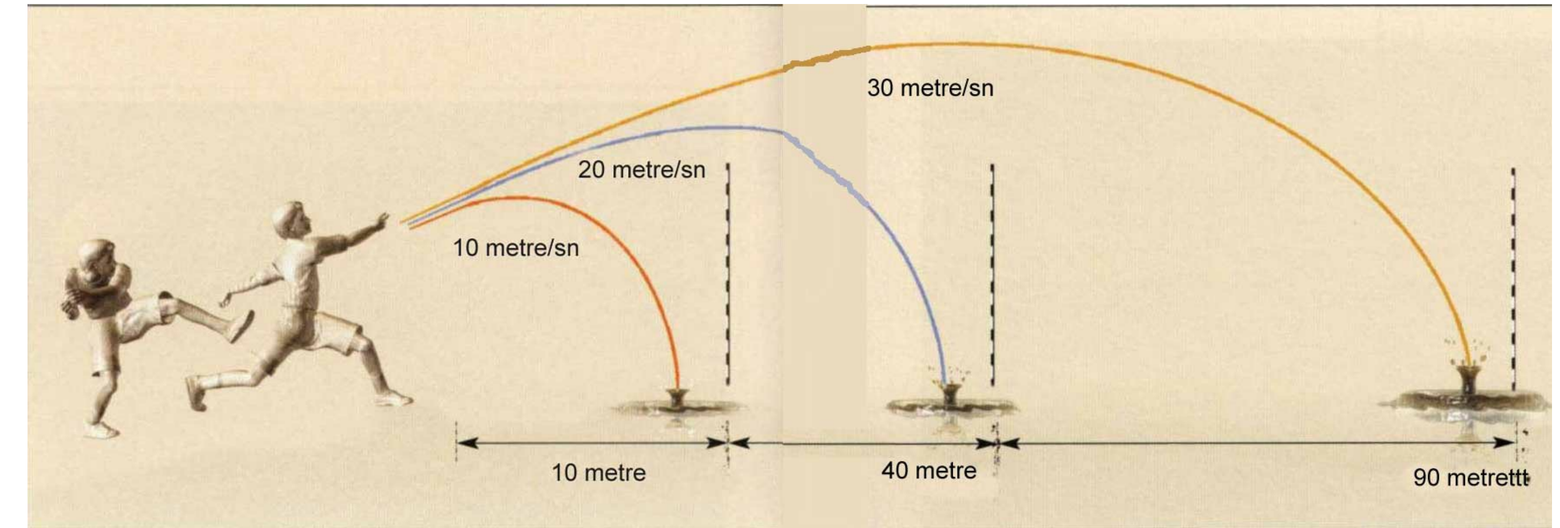

**Şekil 4.1**
*Güneş yörüngesinde dönen (mavi renkle gösterilen) Dünya üzerindeki bir gözlemci, fondaki takım yıldızlara karşı (kırmızı renkle gösterilen) Mars'ı izliyor.*
*Gezegenlerin gökyüzündeki karmaşık devinimleri, Newton kanunları ile açıklanabilir ve kişisel talih üzerinde hiçbir etkisi yoktur.*

İnsanoğlu, geleceği denetlemeyi, en azından gerçekleşecekleri öngörmeyi öteden beri istemiştir. Astroloji, bu yüzden bu kadar yaygın bir ilgi odağıdır. Astroloji, Dünya üzerindeki olayların, gökyüzündeki gezegenlerin hareketleri ile ilişkili olduğu savına dayanır. Bu, bilimsel açıdan sınanabilir bir hipotezdir, veya astrologlar test edilebilir. Eğer astroloji, kesin öngörüler yapmayı göze alsaydı, test edilebilir bir hipotez olurdu. Bununla birlikte, astrologlar tahminlerini o kadar akıllıca ve belirsiz biçimde yapar ki, bu öngörüler herhangi bir sonuçla bağdaşabilir. "Kişisel ilişkileriniz kuvvet kazanabilir" veya "Para getirecek bir fırsatla karşılaşacaksınız" gibi öngörülerin yanlış olduğu hiçbir zaman kanıtlanamaz.

Ancak, çoğu bilim adamının astrolojiye inanmamasının gerçek nedeni, bilimsel bir kanıtın varlığı veya yokluğu değil,- astrolojinin deneylerle sınanan diğer kuramlarla tutarlılık göstermemesidir. Kopernik ile Galileo, gezegenlerin Dünya etrafında değil de, Güneş çevresinde döndüğünü, ayrıca Newton da, onların hareketini belirleyen kanunları keşfettiğinde, astroloji son derece akıl dışı bir hale düştü. Gökyüzündeki diğer gezegenlerin, Dünyadan görünen konumlarının, önemsiz bir gezegendeki, kendilerini düşünsel yaşam biçimleri olarak adlandıran makromoleküller ile niye korelasyonları bulunsun ki (Şekil 4.1)? Yine de, astrolojinin bizi inandırdığı budur.



"Mars bu ay Yay Burcu'nda ve bu, kendinizi tanımaya çalıştığınız bir dönem olacak. Mars yaşamınızı diğerlerinin değil, sizin doğru olduğunu düşündüğünüz şeylere göre yaşamanızı istiyor. Üstelik bu gerçekleşecek Satürn, ayın 20'sinde yıldız haritanızın sorumluluk ve kariyer ile ilgili bölgesine varacak böylece sorumluluk almayı ve güç ilişkilerin üstesinden gelmeyi öğreneceksiniz. Bununla birlikte, dolunay zamanında mükemmel bir bayat anlayışı kazanacaksınız ve bu sizi değiştirecek "




**Şekil 4.2**

*Eğer, bir beyzbol topunun atıldığı yeri ve atılma hızını bilirseniz, gideceği yeri de öngörebilirsiniz.*

Bu kitapta anlatılan kuramlardan bazıları, astrolojinin sahip olduğundan daha fazla deneysel kanıta sahip değildir, ancak, sınamalardan geçen kuramlarla uyum gösterdikleri için, bu kuramlara inanırız.

Newton kanunlarının ve diğer fizik kuramlarının başarısı, ilk defa Fransız bilimadamı Marquis de Laplace tarafından On dokuzuncu Yüzyılın başlarında dile getirilen bilimsel determinizmi ortaya çıkardı. Laplace, evrendeki bütün parçacıkların belli bir andaki konum ve hızlarını bilirsek, fizik kanunlarının, evrenin geçmiş veya gelecekteki başka bir andaki durumunu öngörmemizi sağlayacağını öne sürdü (Şekil 4.2).

Başka bir deyişle, eğer, bilimsel determinizm geçerliyse, ilke olarak geleceği öngörebiliriz ve astrolojiye ihtiyacımız kalmaz. Elbette ki, Newton'un kütle çekim kuramı kadar basit bir şey bile, uygulama da ikiden fazla parçacık için tam olarak çözemediğimiz eşitlikler üretir. Bunun yanında, bu eşitlikler çoğunlukla kaos olarak bilinen bir özelliğe sahiptir. Öyle ki, bir andaki konum veya hızda ortaya çıkan küçük bir değişiklik, daha sonraki anlarda tamamen farklı bir davranışa yolaçabilir. Jurrasic Park filmini izleyenler bilir, bir yerdeki ufak bir karışıklık, başka bir yerde önemli bir değişikliğe yol açabilir Tokyo'da kanatlarını çırpan bir kelebek, New York'taki Central Parktı yağmur yağmasına neden olabilir ( Şekil 4.3). Asıl sorun, olaylar dizisinin tekrarlanamamasıdır. Kelebek kanatlarını bir daha çırptığında başka birçok etmen farklı olacak, bunlar da havayı etkileyecektir. Hava durumu tahminlerinin güvenilmezliğinin nedeni de budur.



**Şekil 4.2**

*Eğer, bir beyzbol topunun atıldığı yeri ve atılma hızını bilirseniz, gideceği yeri de öngörebilirsiniz.*

Böylece, her ne kadar ilke olarak kuantum elektrodinamik kanunları ile kimya ve biyolojideki her şeyi hesaplayabilmemiz gerekse de, insan davranışını matematiksel eşitliklerden öngörme konusunda pek başarılı olamadık. Bununla birlikte, çoğu bilimadamı, uygulamadaki bu zorluklara rağmen, geleceğin yine ilke olarak öngörülebileceği fikriyle kendilerini rahatlattı.

Determinizm ilk bakışta belirsizlik ilkesinin tehdidi altındaymış gibi de görünür, ki belirsizlik ilkesi, bir parçacığın aynı anda hem konumunu, hem de hızını kesin olarak ölçemeyeceğimizi söyler. Konumu ne kadar kesin biçimde ölçersek, hızı da o kadar az kesinlikle belirleyebiliriz ve hızı ne kadar kesin biçimde ölçersek, konumu da o kadar az kesinlikle belirleyebiliriz. Laplace, kendi bilimsel determinizm yorumunda, parçacıkların bir andaki konum ve hızlarını bilirsek, onları geçmiş veya gelecekteki herhangi bir anda belirleyebileceğimizi varsayıyordu. Peki ama; belirsizlik ilkesi, hem bir andaki konumları, hem de hızları bilmemizi engelliyorsa, nasıl bir başlangıç yapabiliriz? Bilgisayarımız ne kadar iyi olursa olsun, hatalı veri girersek, hatalı öngörüler elde ederiz.

**Şekil 4.4**

*Dalga fonksiyonu. Δx ve Δv belirsizlik ilkesine uyacak şekilde, parçacığın farklı konum ve hızlara sahip olacağı olasılıktan belirler.*

Bununla birlikte, determinizm değişikliğe uğrayarak, belirsizlik ilkesini kapsayan ve kuantum mekaniği adı verilen yeni bir kuram içerisinde yeniden kullanılmaya başlandı. Kuantum mekaniğinde klasik Laplace bakış açısında öngörülmesi beklenen şeylerin kabaca yarısı kesin olarak öngörülebilir. Kuantum mekaniğindeki bir parçacığın iyi bir şekilde tanımlanmış bir konumu veya hızı yoktur, ancak durumu bir dalga fonksiyonu ile gösterilebilir (Şekil 4.4).

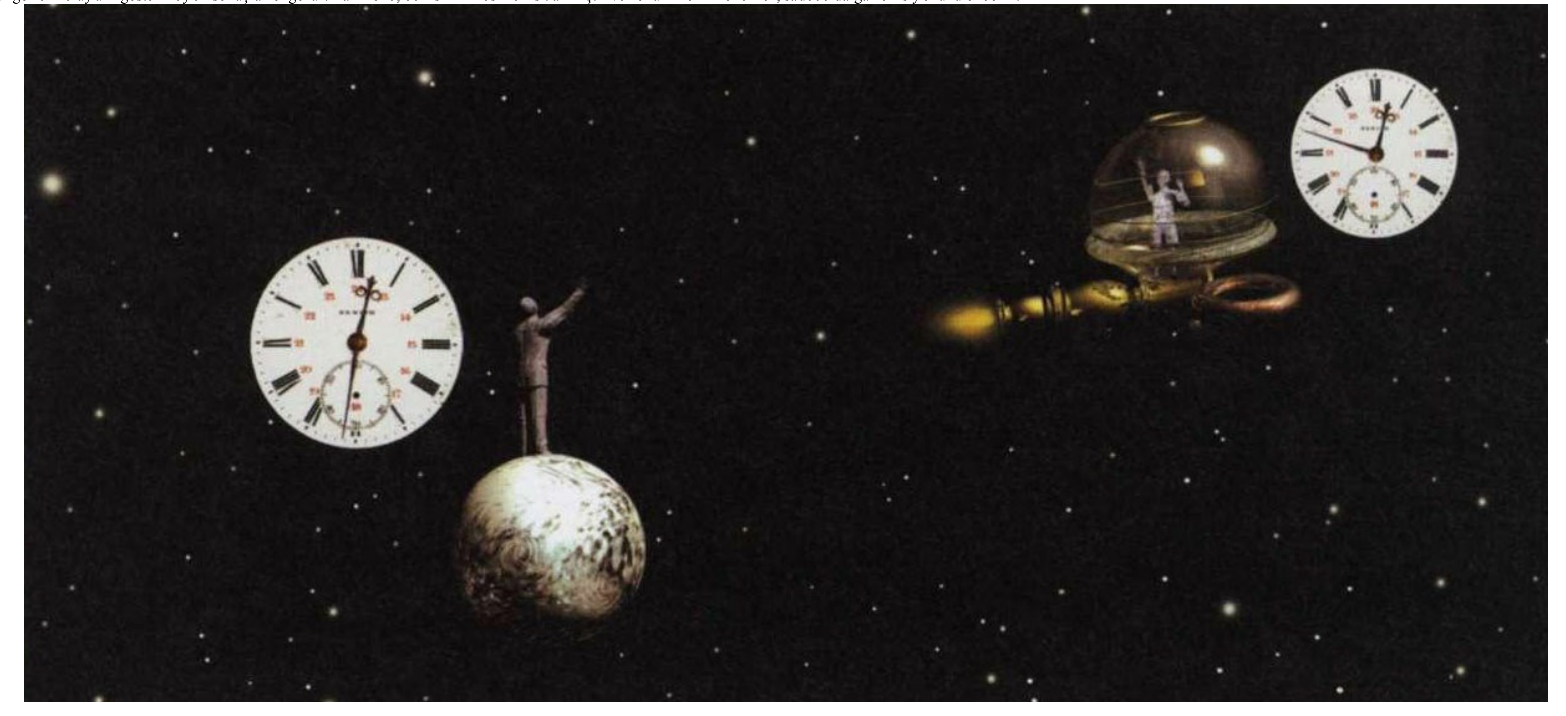
$$i\hbar \frac{d}{dt}\psi(\vec{x},t) = H\psi(\vec{x},t)$$

**Şekil 4.5**

## Schrödinger Eşitliği

*ψ dalga fonksiyonunun zaman içindeki değişimi, H Hamilton operatörü ile belirlenir, bu operatör, gözönünde tutulan fiziksel sistemin enerjisi ile ilişkilidir.*

Dalga fonksiyonu, bu parçacığın, uzayın her bir noktasında bulunma olasılığını veren bir niceliktir. Dalga fonksiyonunun noktadan noktaya değişme miktarı, farklı parçacık hızlarının olasılığını verir. Bazı dalga fonksiyonları uzaydaki belirli bir noktada sivri bir tepe yapar. Bu durumlarda, parçacığın konumu ile ilgili sadece küçük bir belirsizlik vardır. Ancak, diyagrama baktığımızda, dalga fonksiyonunun böyle durumlarda bu noktanın bir tarafında artıp, diğer tarafında da azalarak hızla değiştiğini de görebiliriz. Yani; hızın dalga fonksiyonu iyi bir şekilde tanımlanabilecek tek şeydir. Parçacığın, Tanrı'nın bildiği, ancak bizden gizlenen bir konum ve hıza sahip olduğunu bile varsayamayız. Böyle "gizli değişkenli" kuramlar gözlemle uyum göstermeyen sonuçlar öngörür. Tanrı bile, belirsizlik ilkesi ile kısıtlanmıştır ve konum ile hızı bilemez; sadece dalga fonksiyonunu bilebilir.

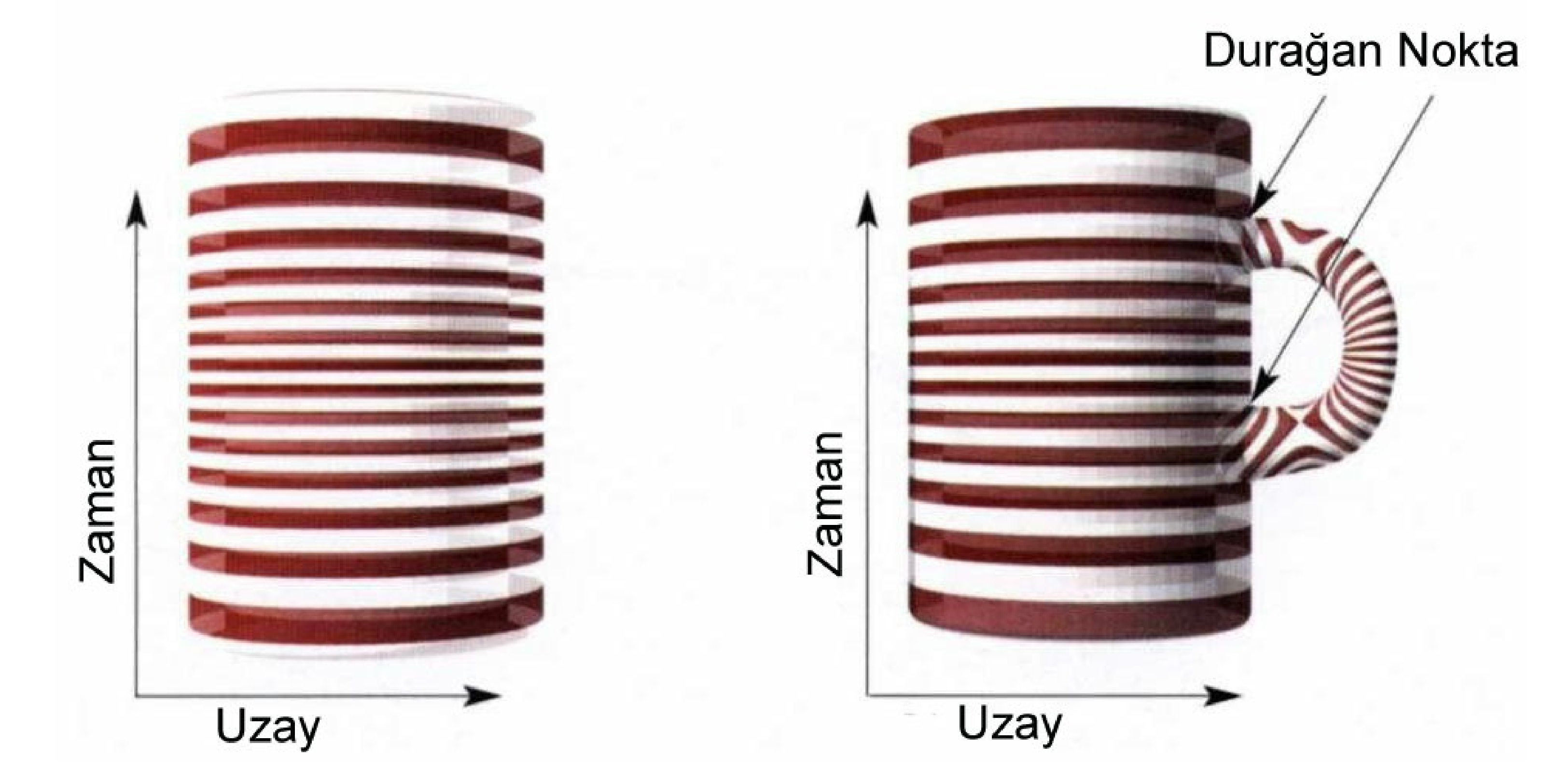


**Şekil 4.6**

*Farklı hızlarda hareket eden gözlemciler. özel göreliliğin düz uzay-zamanda farklı zaman ölçülerine sahip olacaktır. Ancak, Schrödinger eşitliğini bu zamanlardan herhangi birinde kullanarak. dalga fonksiyonunun gelecekteki değerini öngörebiliriz.*

Dalga fonksiyonun zaman içinde değişme hızı Schrödinger eşitliği ile belirlenir (Şekil 4.5). Eğer bir andaki dalga fonksiyonunu bilirsek, onu geçmişteki veya gelecekteki başka bir anda hesaplamak için Schrödinger eşitliğini kullanabiliriz. Bu nedenle, kuantum kuramında hâlâ determinizm vardır, ancak bu azaltılmış bir ölçektedir. Hem konumları hem de hızları öngöremeyiz, sadece dalga fonksiyonunu öngörebiliriz. Bu, bize konumları veya hızları öngörme olanağını verebilir. Ancak, her ikisini birden kesin olarak öngöremeyiz. Bu yüzden, kuantum kuramındaki kesin öngörme yeteneği, klasik Laplace dünya görüşündekinin yarısıdır. Yine de, determinizmin varolduğunu ileri sürmek, bu kısıtlı anlam içerisinde hâlâ mümkündür.

Bununla birlikte, Schrödinger eşitliği, dalga fonksiyonunun zaman içinde ileri doğru değiştirilmesi (yani, gelecek anlardaki değerinin öngörülmesi) için kullanılırken; zamanın, her yerde sonsuza dek, düzgün şekilde aktığı (dolaylı olarak) varsayılır. Bu durum Newton fiziğinde kesinlikle doğruydu. Zamanın mutlak olduğu, yani evrenin geçmişindeki her olayın zaman adı verilen bir nicelikle etiketlendiği ve bir dizi zaman etiketinin sonsuz geçmişten sonsuz geleceğe doğru düzgün biçimde ilerlediği varsayılıyordu. Bu; zamana deneyimlerden kaynaklanan bakış olarak adlandırılabilir ve çoğu kişinin, hatta çoğu fizikçinin bile kafasında canlandırdığı zaman görüşüdür. Bununla birlikte, mutlak zaman kavramı, daha önce de gördüğümüz gibi, özel görelilik kuramı ile 1905'te yıkıldı. Bu kurama göre zaman artık kendi başına bir nicelik değil, sadece uzay-zaman adı verilen dört boyutlu bir bütünlük içerisinde bir yöndü. Özel göreliliğe göre, farklı hızlarda ilerleyen farklı gözlemciler, uzay-zamanda farklı yollarda hareket eder. Her bir gözlemci, izlediği yol boyunca, kendi zaman ölçüsüne sahiptir. Ayrıca, farklı gözlemciler, olaylar arasında farklı zaman aralıkları ölçecektir (Şekil 4.6).

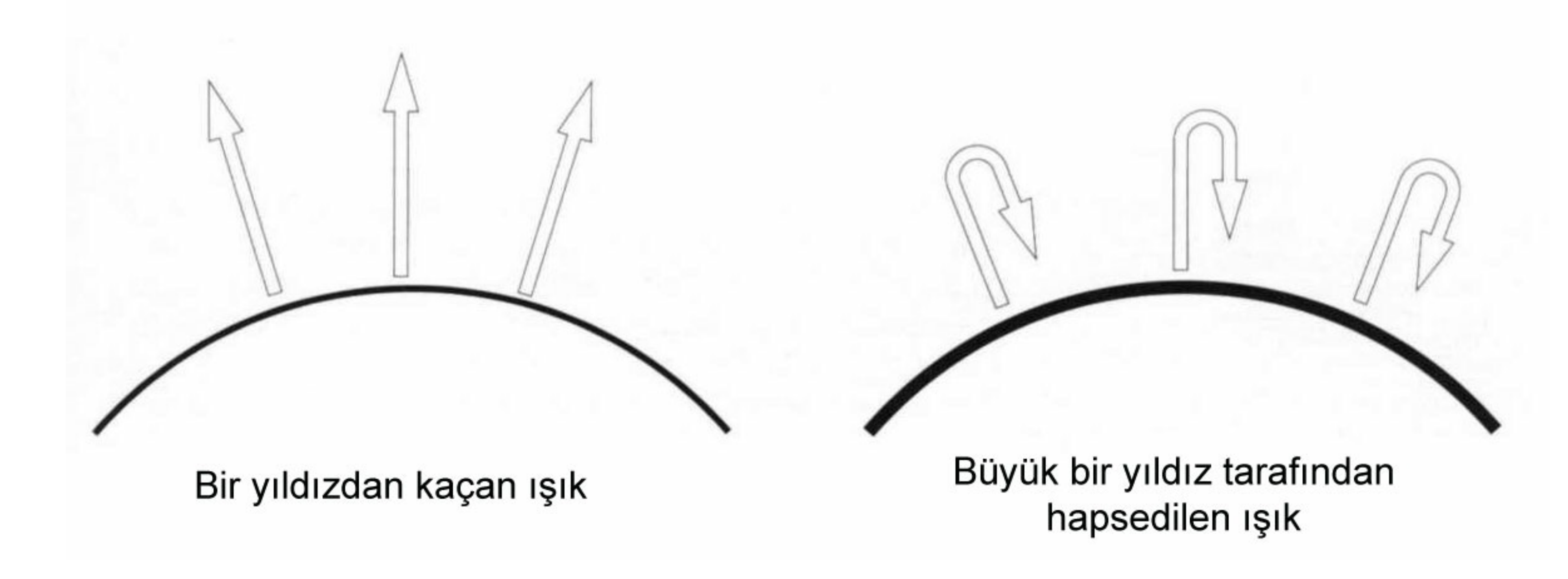



**Şekil 4.7 Zamanın Durması**

*Bir zaman ölçüsü, kulpun ana silindirle birleştiği yerlerde durağan noktalara, yani zamanın durduğu noktalara sahip olmalıdır. Zaman, bu noktalarda hiçbir yöne doğru artmayacaktır. Bu nedenle, dalga fonksiyonunun gelecekteki değerlerini öngörmek için Schrödinger eşitliği kullanılamaz.*

Bu yüzden, özel görelilik kuramında olayları etiketlemek için kullanacağımız benzersiz, mutlak bir zaman yoktur. Bununla birlikte, özel göreliliğin uzay zamanı düzdür. Yani; serbest hareket eden herhangi bir gözlemci tarafından ölçülen zaman, özel görelilikte sonsuz geçmişteki eksi sonsuzdan, sonsuz gelecekteki artı sonsuza kadar, uzay-zamanda düzgün biçimde artar. Dalga fonksiyonunu değiştirmek için, bu ölçülerin herhangi birini Schrödinger eşitliğinde kullanabiliriz. Bu nedenle, özel görelilikte hâlâ determinizmin kuantum yorumuna sahibiz.

Nevarki, genel görelilik kuramında durum farklıydı. Genel görelilikte, uzay-zaman düz değil, eğriydi; ayrıca içindeki madde ve enerji tarafından bozunduruluyordu. Uzay-zamanın eğriliği, güneş sistemimizde, en azından makroskobik ölçekte, o kadar önemsizdir ki, zamanı alıştığımız şekilde düşünmemizi engellemez. Bu durumda, dalga fonksiyonunu deterministik bir şekilde değiştirmek için Schrödinger eşitliğinde bu zamanı, hâlâ, kullanabiliriz. Bununla birlikte, uzay-zamanın büküldüğünü kabul ettiğimizde, öyle bir olasılık ortaya çıkar ki, uzay-zaman, makul bir zaman ölçüsünden beklediğimiz gibi her gözlemci için düzgün biçimde artan bir zamana olanak tanımayan bir yapıya sahip olabilir. Örneğin, uzay-zamanın dikey bir silindire benzediği varsayılabilir (Şekil 4.7).




**Şekil 4.9**

**Şekil 4.8**

Silindirin yüksekliği, her gözlemci için artan ve eksi sonsuzdan artı sonsuza akan zamanın bir ölçüsü olacaktır. Bununla birlikte, uzay-zamanın, dallanan ve tekrar geriye bağlanan bir kulpa (veya "solucan deliği"ne) sahip bir silindir olduğunu düşünün. Böylece herhangi bir zamanın ölçüsü, kulpun ana silindirle birleştiği durağan noktalara, yani zamanın durduğu noktalara sahip olmalıdır. Zaman, bu noktalarda hiçbir gözlemci için ilerlemeyecektir. Böyle bir uzay-zamanda, dalga fonksiyonunu deterministik bir şekilde değiştirmek için Schrödinger eşitliğini kullanamayız. Solucan deliklerine dikkat edin: içinden neyin çıkacağını hiçbir zaman bilemezsiniz.

Kara delikler, zamanın hiçbir gözlemci için ilerlemeyeceğini düşünmemizin gerekçesidir. Kara delikler hakkında ilk görüş 1783'te ortaya çıktı. Eski bir Cambridge öğretim üyesi olan John Michell şu öneriyi sundu: Eğer bir parçacık, örneğin bir gülle, düşey olarak yukarı doğru fırlatılırsa, yükselişi yerçekimi tarafından yavaşlatılacak ve parçacık bir noktadan sonra yukarı doğru hareket etmeyi kesip düşecektir (Şekil 4.8). Bununla birlikte, yukarı yönelen ilk hız, kaçış hızı adı verilen kritik değerden büyükse, yerçekimi parçacığı durdurmak için hiçbir zaman yeterince güçlü olmayacak ve parçacık uzaklaşacaktır. Kaçış hızı, Dünya için 12 kilometre/sn, Güneş için ise yaklaşık 618 kilometre/sn'dir.

## SCHWARZSCHILD KARA DELİĞİ

Alman astronom Karl Schwarzschild, 1916'da Einstein'ın görelilik kuramına, küresel bir kara delik tablosuyla bir çözüm buldu. Schwarzschild'in çalışması, genel göreliliğin ilginç bir imasını ortaya çıkardı. Schwarzschild; bir yıldızın kütlesi, yeterince küçük bir bölgede toplanırsa, yıldızın yüzeyindeki kütle çekim kuvvetinin. ışığın bile artık kaçamamayacağı kadar güçleneceğini gösterdi. Biz bunu günümüzde kara delik olarak adlandırıyoruz; bir kara delik ise, olay ufku ile sınırlanan ve ışık da dahil hiçbir şeyin uzaktaki bir gözlemciye ulaşmasının mümkün olmadığı bir uzay-zaman bölgesidir.

Einstein da dahil çoğu fizikçi, böyle uç noktada madde yapılarının gerçek evrende hakikaten var olduğundan uzun süre şüphelendi. Bununla birlikte, her nasılsa şekli ve iç yapısı karmaşık bir hale gelmiş, yeterince ağır, dönmeyen bir yıldızın, nükleer yakıtını tükettiğinde, mükemmel küreselliğe sahip bir Schwarzschild kara deliğine çökeceğini artık anlıyoruz. Kara deliğin olay ufkunun yarıçapı (R) sadece kütlesine bağlıdır ve şu formülle belirlenir.

$R=(2GM)/c^2$

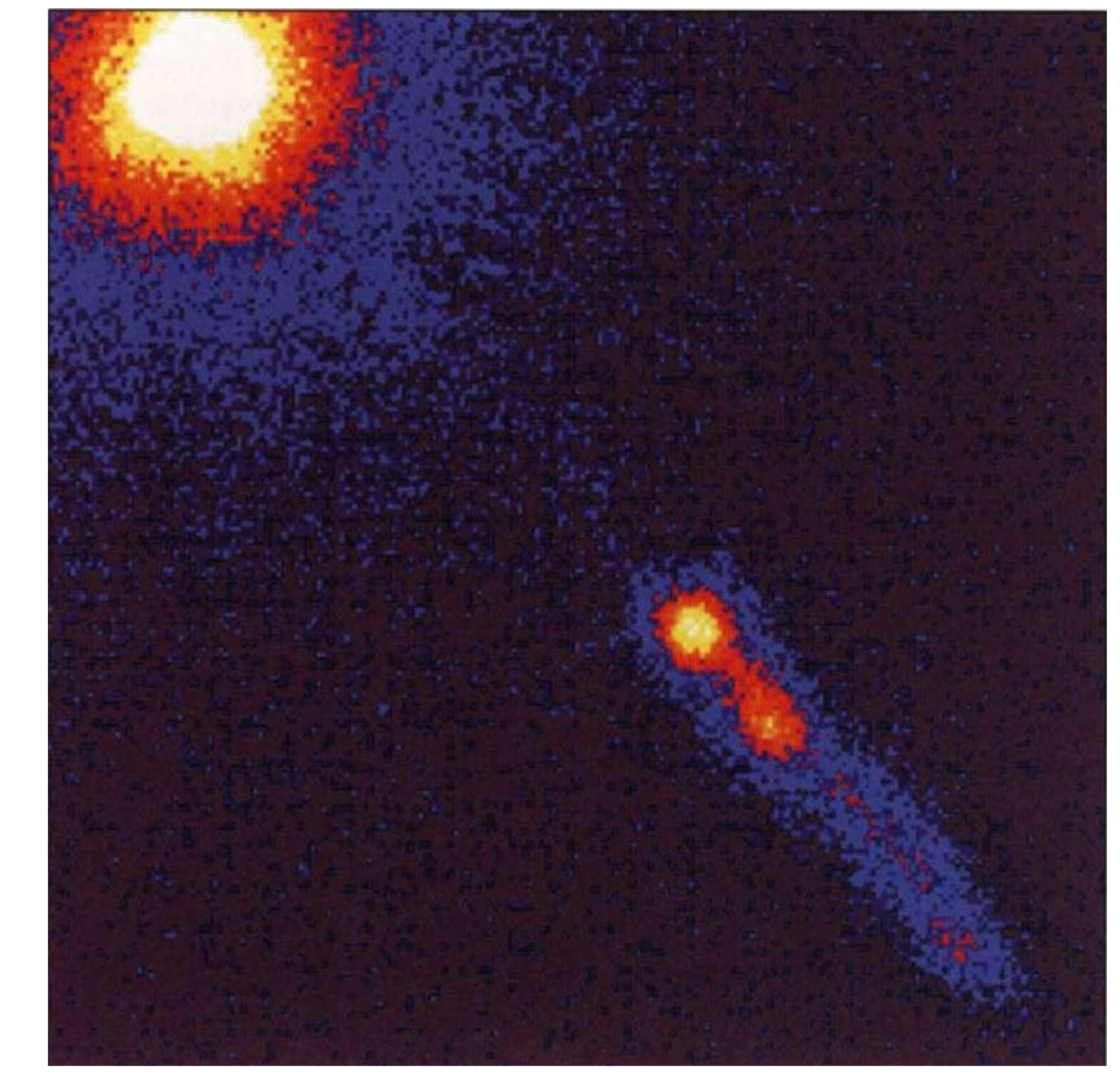
Bu formülde (c) ışık hızına, (G) Newton sabitine ve (M) de kara deliğin kütlesine karşılık gelir. Örneğin, Güneş ile aynı

kütleye sahip bir kara deliğin sadece iki millik bir yarıçapı olacaktır!

Bu kaçış hızlarının ikisi de gerçek top güllelerinin hızından çok daha yüksek, ancak, saniyede 300000 kilometrelik ışık hızıyla kıyaslandığında yavaştır. Buna göre, ışık Dünya veya Güneş'ten fazla zorluk çekmeden uzaklaşabilir. Bununla birlikte, Michell, Güneş'ten çok daha büyük ve ışık hızından yüksek kaçış hızlarına sahip yıldızların olabileceğini kanıtlamaya çalıştı (Şekil 4.9). Bu yıldızları göremezdik, çünkü yaydıkları her ışık yıldızın kütle çekimi ile geriye sürüklenecekti. İşte bunlar, Michell'in karanlık yıldız dediği, bizim de günümüzde kara delik olarak adlandırdığımız şeylerdi.

Michell'in karanlık yıldız fikri, zamanın mutlak olduğu ve gerçekleşenlere bağlı olmaksızın devam ettiği Newton fiziğine dayanıyordu. Bu yüzden klasik Newton tanımındaki geleceği öngörme yeteneğimizi etkilemiyordu. Ancak, büyük kitlelerin uzay-zamanı büktüğü genel görelilik kuramında durum çok farklıydı.

Karl Schwarzschild (I. Dünya Savaşı'nda Rusya sınırında bir hastalığa yakalandıktan hemen sonra öldü) bu kuramın ilk defa formülleştirilmesinden kısa süre sonra, 1916'da, genel göreliliğin alan eşitliklerinin bir kara delik tanımı yapan bir çözümünü buldu. Ne yazık ki; Schwarzschild'in buluşu, uzun yıllar boyunca anlaşılmadı ve önemi de fark edilemedi. Einstein, hiçbir zaman kara deliklere inanmadı. Üstelik, bu düşüncesi, genel göreliliği savunan çoğu kişi tarafından da paylaşıldı. Kuantum kuramının kara deliklerin tamamen kara olmadığını kastettiği hakkındaki keşfim üzerine, bir seminer vermek için Paris'e gitmiştim. Seminerim oldukça tekdüze geçti, çünkü o sırada Paris'te neredeyse hiç kimse kara deliklere inanmıyordu. Ayrıca Fransızlar, kendi dillerindeki trou noir adının kesin olmayan, cinsellikle bağlantılı yan anlamları olduğunu ve onun astre occlu, veya "gizli yıldız' ile değiştirilmesi gerektiğini düşünüyordu. Bununla birlikte, ne bu, ne de önerilen diğer adlar, bu alandaki modern çalışmaların birçoğuna esin kaynağı olan Amerikalı fizikçi tarafından ilk defa ortaya atılan kara delik kadar halkın hayal gücünü etkileyebildi.



**Şekil 4.10**

*Keşfedilen yıldız benzeri (quasistellar) ilk radyo kaynağı olan 3C273 kuasarı, küçük bir bölgede büyük miktarda bir güç üretir. Bir kara deliğin içine düşen madde, böyle yüksek bir parlaklığın tek açıklaması gibi görünür.*

**John Wheeler**

John Archibald Wheeler Jacksonville, 1911'de Florida'da doğdu. Helyum atomunun ışık saçması üzerinde yaptığı çalışma ile 1933'te John Hopkins Üniversitesinden doktorasını aldı. Nükleer füzyon kuramını geliştirmek için, 1938'de Danimarkalı fizikçi Neils Bohr ile birlikte çalıştı. Wheeler, daha sonra da kendi yetiştirdiği öğrencisi Richard Feynman ile birlikte elektrodinamik

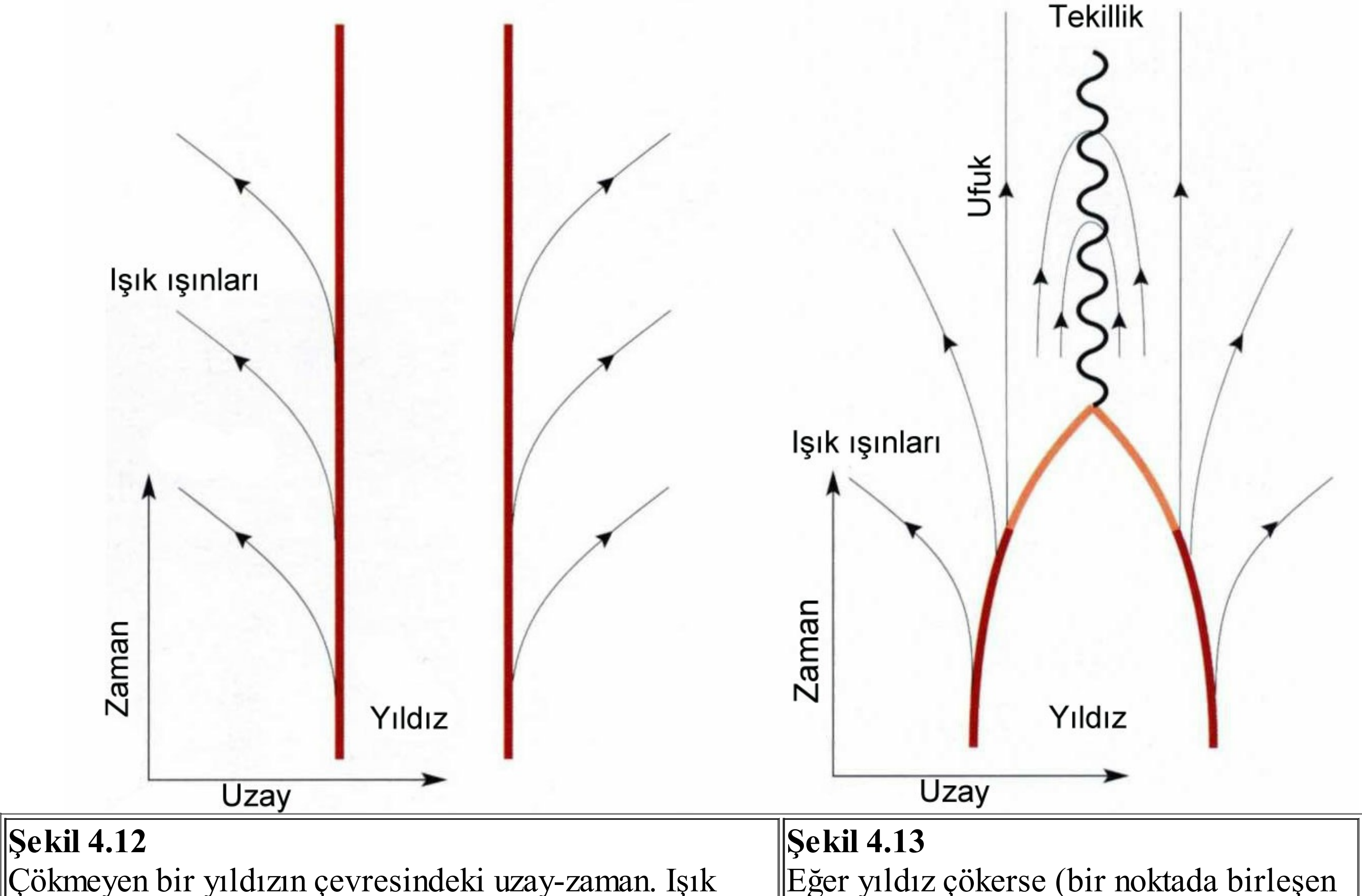
çalışması üzerinde yoğunlaştı; ancak Amerika'nın II. Dünya Savaşına girmesinin hemen ardından her ikisi de Manhattan Projesine katıldı.
Robert Oppenheimer'ın büyük bir yıldızın kütle çekimsel çöküşü üzerine 1939'daki çalışmasından esinlenen Wheeler, 1950'lerin başlarında dikkatini Einstein'ın genel görelilik kuramına verdi. Bu sırada çoğu fizikçi, nükleer fizik çalışmalarına dalmışlar ve genel göreliliğin fiziksel dünyayla ilgili olduğu gerçekte düşünülmüyordu. Ancak Wheeler, hem araştırması hem de Princeton'da görelilikle ilgili ilk dersi vermesi sayesinde, çalışma alanını neredeyse tek başına değiştirdi.
Çok daha sonra, 1969'da, (hâlâ çok az kişinin gerçek olduğuna inandığı) maddenin çökmüş hali için kara delik terimini ortaya attı. Wemer Israel'ın çalışmasından esinlenerek, kara deliklerin saçsız olduğunu, yani dönmeyen, büyük kütleli herhangi bir yıldızın çökmüş halinin aslında Schwarzschild'in çözümüyle tanımlanabileceğini öngördü.

Kuasarların 1963'teki keşfi, kara delikler üzerinde yürütülen kuramsal çalışmaların ve onları bulmak için yapılan gözlem girişimlerinin patlama yapmasına yol açtı (Şekil 4.10). İşte ortaya çıkan şey: Güneş kütlesinin yirmi katı kütleye sahip bir yıldızın geçmişine inandığımızı düşünün. Böyle yıldızlar Orion Nebulası'ndakilere benzer gaz bulutlarından meydana gelir (Şekil 4.11). Gaz bulutları, kendi kütle çekimleri altında büzüldükçe; gaz ısınır ve en sonunda hidrojeni helyuma dönüştüren nükleer füzyon tepkimesini başlatmaya yetecek sıcaklığa ulaşır. Bu süreçte üretilen ısı, yıldızı kendi kütle çekimine karşı destekleyen ve daha da fazla büzülmesini engelleyen bir basınç yaratır. Yıldız, hidrojen yakarak ve uzaya ışık yayarak bu durumda uzun bir süre kalacaktır.

Yıldızın kütle çekim alanı, ondan yayılan ışık ışınlarının yolunu etkileyecektir. Zamanın yukarı doğru, yıldızın merkezinden uzaklığın da yatay olarak gösterildiği bir diyagram çizelim (Şekil 4.12). Yıldızın yüzeyi, bu diyagramda, her biri merkezin iki tarafında bulunan, düşey iki doğruyla simgelenebilir. Zamanı saniye, uzaklığı de ışık saniyesi - ışığın bir saniyede kat ettiği mesafe - cinsinden ölçelim. Işık hızı, bu birimleri kullandığımızda 1'dir, başka bir deyişle, ışığın hızı, saniyede bir ışık saniyesidir. Yani, diyagramdaki bir ışık ışınının yolu, yıldızdan ve kütle çekim alanından bu kadar uzaklıkta, düşeyle 45 derecelik bir açı yapan bir doğrudur. Bununla birlikte, yıldızın kütlesi tarafından oluşturulan uzay-zaman eğimi, yıldızın daha yakınında, ışık ışınlarının yollarını değiştirecek ve onların düşeyle daha küçük bir açı yapmasına neden olacaktır.



**Şekil 4.11**
Yıldızlar Orion Nebulası gibi gaz ve toz bulutlarında oluşur.




| **Şekil 4.12** Çökmeyen bir yıldızın çevresindeki uzay-zaman. Işık ışınları (düşey kırmızı çizgilerle gösterilen) yıldızın yüzeyinden kaçabilir. Işık ışınları, yıldızdan uzakta, düşeyle 45 derecelik açılar yapar. Ancak; yıldızın yakınında, uzay-zamanın yıldızın kütlesi tarafından bükülmesi, ışık ışınlarının düşeyle daha küçük bir açı yapmasına yol açar. | **Şekil 4.13** Eğer yıldız çökerse (bir noktada birleşen kırmızı çizgilerle gösteriliyor), bükülme o kadar büyür ki, yüzey yakınındaki ışık ışınları içeri doğru hareket eder. Bir kara delik, yani ışığın kaçmasının olanaksız olduğu bir uzay-zaman bölgesi ortaya çıkar. |
|---|---|

Büyük yıldızlar, hidrojenlerini, Güneş'e göre, çok daha hızlı yakıp helyuma dönüştürecektir. Yani; birkaç milyon yıl kadar kısa bir sürede hidrojenleri tükenebilir. Bunun ardından, böylesi yıldızlarda bir kriz yaşanır. Helyumlarını yakarak karbon ve oksijen gibi daha ağır elementlere dönüştürebilirler, ancak bu nükleer tepkimeler pek fazla enerji serbest bırakmaz, böylece bu yıldızlar ısılarını ve onları kütle çekimine karşı destekleyen ısıl basıncı kaybeder. Bu yüzden de küçülmeye başlarlar. Eğer Güneş'in yaklaşık iki katı kütleye sahiplerse; basınç, büzülmeyi durdurmak için hiçbir zaman yeterli olmaz. Tekillik meydana getirmek üzere, sıfır boyuta ve sonsuz yoğunluğa çökerler (Şekil 4.13). Bir yıldızın yüzeyinden yayılan ışık ışınları, yıldız küçüldükçe, zaman-merkezden uzaklık diyagramında düşeyle gittikçe daha küçük açılar yapmaya başlayacaktır. Yıldız belirli, bir kritik yarıçapa ulaştığında, diyagramda bu yol düşey olacaktır. Yani, ışık yıldızın merkezinden sabit bir uzaklıkta durağan kalacak ve asla uzaklaşmayacaktır. Işığın bu kritik yolu, olay ufku adı verilen bir yüzeyi tarayacaktır. Bu yüzey; ışığın kaçabileceği uzay-zaman bölgesini, ışığın kaçamayacağı bölgeden ayırır. Olay ufkunu geçtikten sonra yayılan her ışık; uzay-zamanın bükülmesi nedeniyle, içeri doğru eğilecektir. Yıldız, Michell'in karanlık yıldızlarından biri veya şimdi dediğimiz gibi bir

kara delik olacaktır.

Tekillik

Kütlesel yıldız zamana göçüyor

Işık ışını, nihai ufuk noktasından fışkırıyor

Sıkışmış ışık konisi

Işık ışınları nihai ufuk formlarının ortasından fışkırıyor

Işık konileri yoğun yerçekimi alanının etkisine giriyor

Nihai ufkun başlangıcı

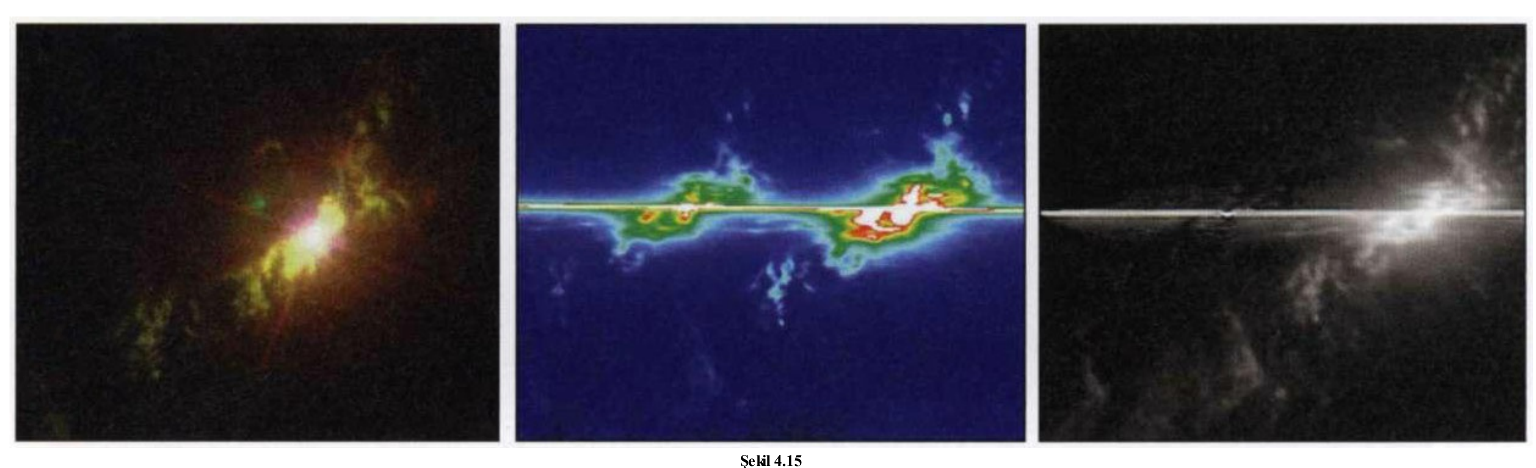
Işık konisi kaçıyor

Işık ışını nihai ufuk formlarından önce fışkırıyor

Zaman

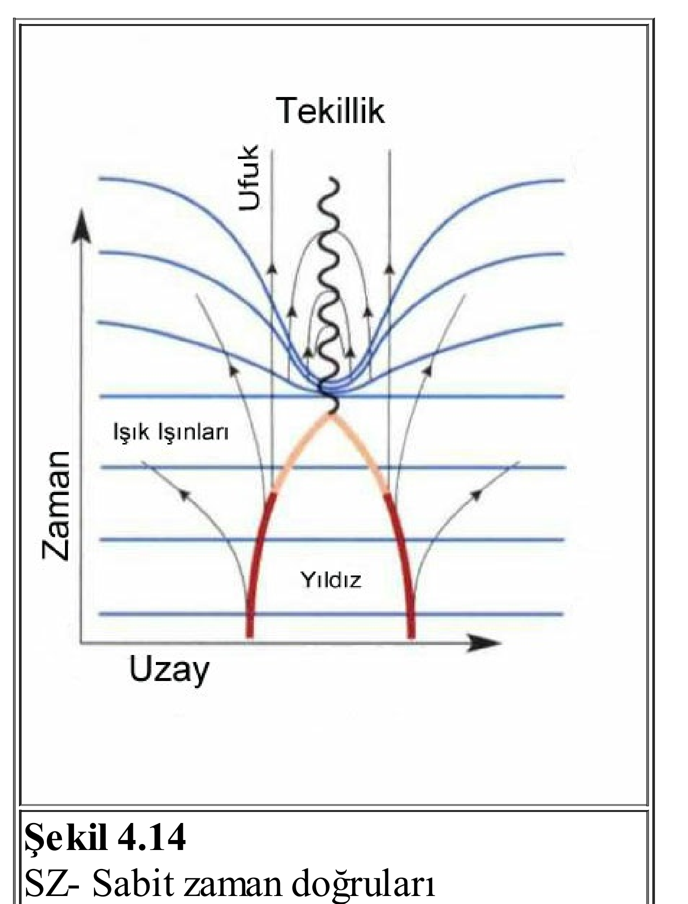
Uzay

*Bir kara deliğin ufku, yani dış sınırı, kara delikten uzaklaşamayan ve merkezden sabit bir uzaklıkta duran ışık ışınlarından meydana gelir.*



Şekil 4.15
BİR GALAKSİNİN MERKEZİNDEKİ BİR KARA DELİK

***Solda:*** *Geniş alan derinlikli gezegen kamerası tarafından ortaya çıkarılan NGC 4151 galaksisi.*
***Ortada:*** *Resmin ortasından geçen yatay çizgi, 4151'in merkezindeki kara delik tarafından üretilen ışıktan kaynaklanır.*
***Sağda:*** *Bu resim oksijen salma hızını gösteriyor. Bütün kanıtlar NGC 4151'in, Güneş'in kütlesinin yüz milyon katı kütleye sahip bir kara delik içerdiğini belirtir.*



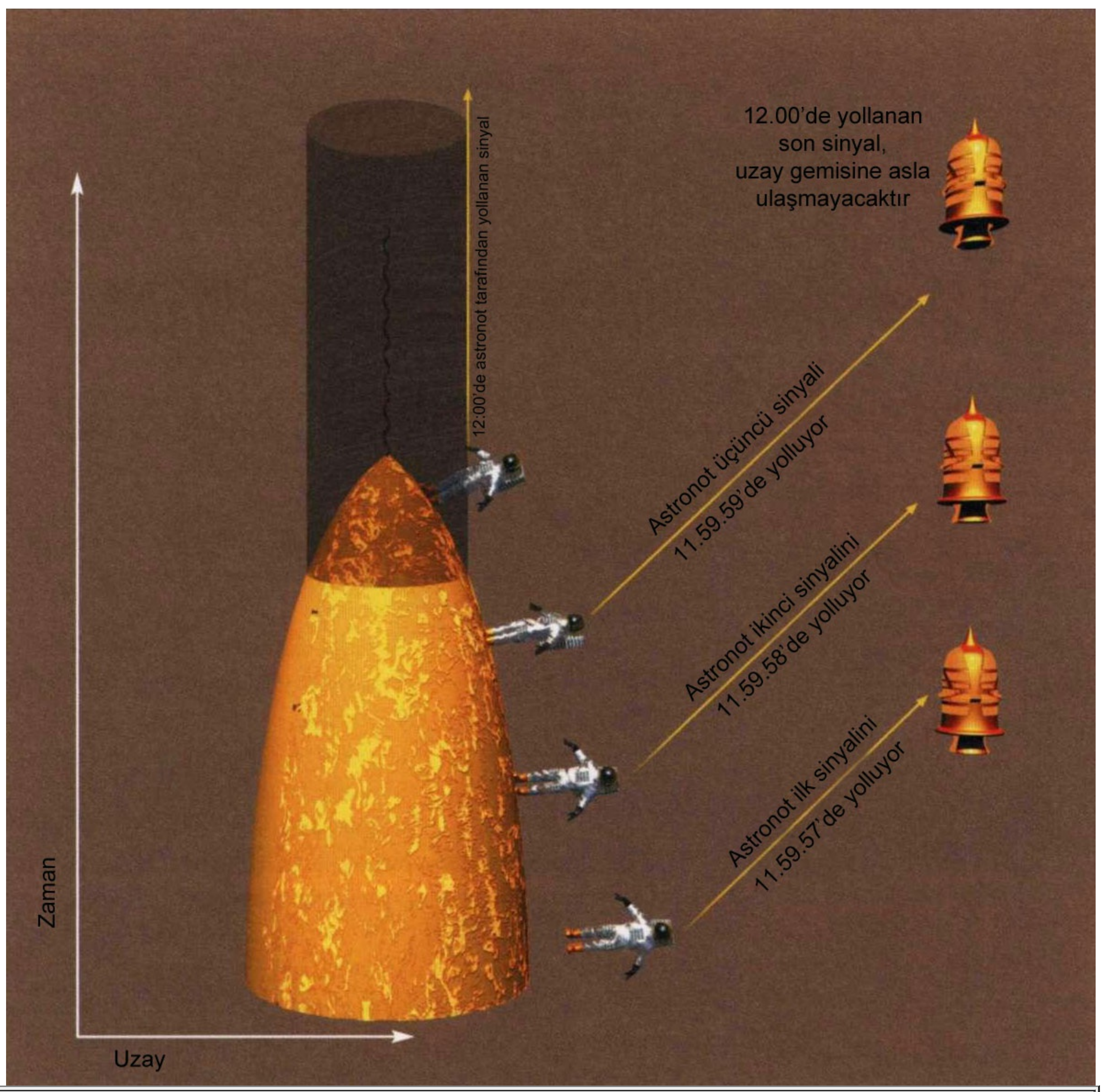

**Şekil 4.14**
SZ- Sabit zaman doğruları

Eğer bu yıldızdan hiçbir ışık yayılmıyorsa, bir kara deliği nasıl ortaya çıkarırsınız? Cevap; bir kara deliğin, çöken kitlenin yaptığı gibi, aynı kütle çekimini yakınındaki nesnelere hâlâ uygulamaya çalışmasıdır. Eğer, Güneş de bir kara delik olsaydı ve kütlesini kaybetmeden bir kara delik haline gelebilseydi, gezegenler şimdi olduğu gibi hâlâ yörüngelerinde dönerdi.

Bu nedenle, bir kara deliği aramanın bir yöntemi de; görünmeyen, yoğun, büyük kütleli bir nesnenin yörüngesinde dönen maddeleri araştırmaktır. Böyle birkaç sistem gözlenmiştir. Belki de galaksilerin ve kuasarların merkezindeki dev kara delikler en etkileyici olanlarıdır. (Şekil 4.15).

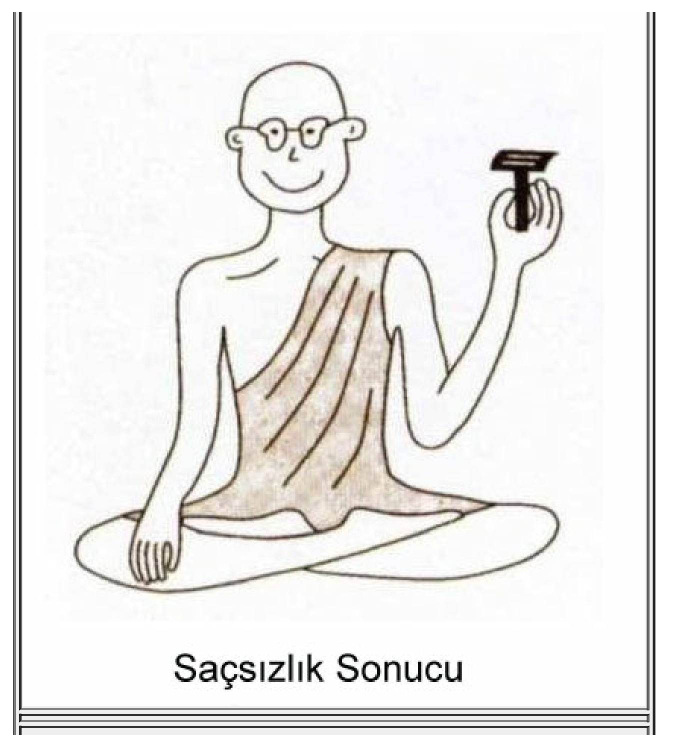
Şimdiye kadar ele aldığımız kara deliklerin özellikleri, determinizm konusunda hiçbir büyük sorun yaratmaz. Zaman; bir kara deliğin içine düşen ve tekilliğe ulaşan bir astronot için son bulacaktır. Bununla birlikte zaman; genel görelilikte farklı yerlerde, farklı hızlarda ölçülebilir. Bu nedenle, astronot tekilliğe ulaşırken saati hızlandırılsa da, hâlâ sonsuz bir zaman aralığı gösterebilir. Bu yeni zamanın sabit değerlerinin yüzeyleri, zaman-uzaklık diyagramında (Şekil 4.14) merkezde, tekilliğin belirdiği noktanın altında yoğunlaşacaktır. Ancak bu yüzeyler, kara deliğin uzağındaki yaklaşık düz olan uzay-zamanda, alışılmış zaman ölçüsüyle uyum gösterecektir.

Söz konusu zaman, Schrödinger eşitliğinde kullanılabilir ve başlangıçtan bilinirse, dalga fonksiyonu daha sonraki anlarda da ölçümlenebilir. Böylece, determinizm hâlâ geçerlidir. Bununla birlikte, dikkatinizi çekerim ki, dalga fonksiyonunun bir kısmı, daha sonraki anlarda kara deliğin içindedir ve buradayken, dışarıdaki bir kişi tarafından gözlemlenemez. Bu nedenle, bir kara deliğin içine düşmeyecek kadar duyarlı olan bir gözlemci, Schrödinger eşitliğini geriye doğru çalıştırıp daha önceki anlardaki dalga fonksiyonunu hesaplayamaz. Bunu yapması için, dalga fonksiyonunun kara deliğin içindeki kısmını bilmesi gerekir. Bu formül; deliğin içine düşenler hakkındaki bilgileri içerir. Bu potansiyel olarak geniş kapsamlı bir bilgidir. Çünkü; belirli bir kütle ve dönüş hızına sahip bir kara delik, farklı, çok sayıda parçacığın birleşiminden meydana gelebilir. Bir kara delik, çökerek onu oluşturan kitlenin yapısına bağlı değildir. John Wheeler bu sonucu "bir kara deliğin saçı yoktur" sözleriyle değerlendirmişti. Bu yorum da sadece Fransızlar'ın şüphesini pekiştirmeye yaramıştı.




Yukarıdaki resimde. 11.59.57'de çöken bir yıldıza inen ve yıldız, kütle çekiminin hiçbir sinyalin kaçamayacağı kadar güçlü olduğu kritik yarıçapın altına küçülürken kara deliğe düşen bir astronot gösteriliyor. Astronot, kol saatinden, yıldızın yörüngesinde dönen bir uzay gemisine düzenli aralıklarla sinyaller gönderiyor. Yıldızı belli bir uzaklıktan izleyen bir kişi, onu olay ufkunun ötesinde göremeyecek ve kara deliğe girecektir. Yıldız, kritik yarıçapın hemen dışında asılıymış gibi görünürken, yüzeyindeki bir saat de yavaşlayıp duruyormuş gibi gelecektir.

Determinizm ile ilgili güçlük, kara deliklerin tamamen kara olmadığını keşfettiğimde ortaya çıktı. Kuantum kuramı, Bölüm 2'de de gördüğümüz gibi, alanların vakumda bile tamamen sıfır olamayacağını belirtir. Eğer sıfır olsalardı, sıfır büyüklüğünde kesin bir



Saçsızlık Sonucu

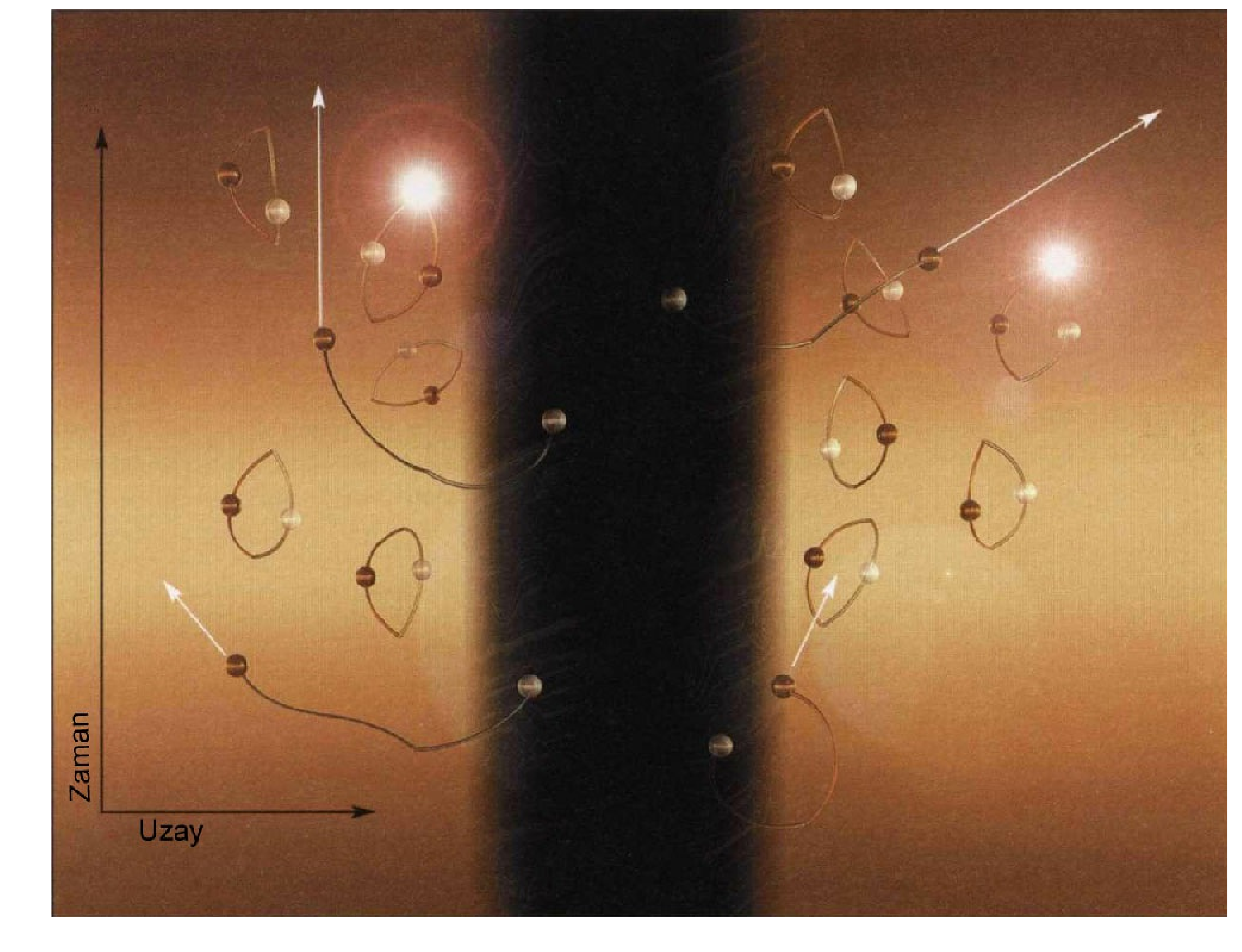
**Kara Delik Sıcaklığı**
Bir kara delik, tıpkı sıcak bir kütleymiş gibi, sadece kütlesine bağlı olan bir sıcaklıkta (T) radyasyon yayar. Bu sıcaklık kesin biçimde, aşağıdaki formülle belirlenir.

**$T=(hc^3)/(8pi\ k\ GM)$**

Bu formülde (c) sembolü ışık hızına (h) Planck sabitine (G) Newton'un kütle çekim sabitine ve (k) Boltzmann sabitine karşılık gelir.
Son olarak (M) kara deliğin kütlesini temsil eder. Böylece kara delik ne kadar küçük olursa, sıcaklığı da o kadar yüksek olur. Bu formülden, güneşin kütlesinin birkaç katı kütleye sahip bir kara deliğin sıcaklığının, mutlak sıfır üzerinde bir derecenin sadece yaklaşık milyonda bin olduğunu çıkarabiliriz.

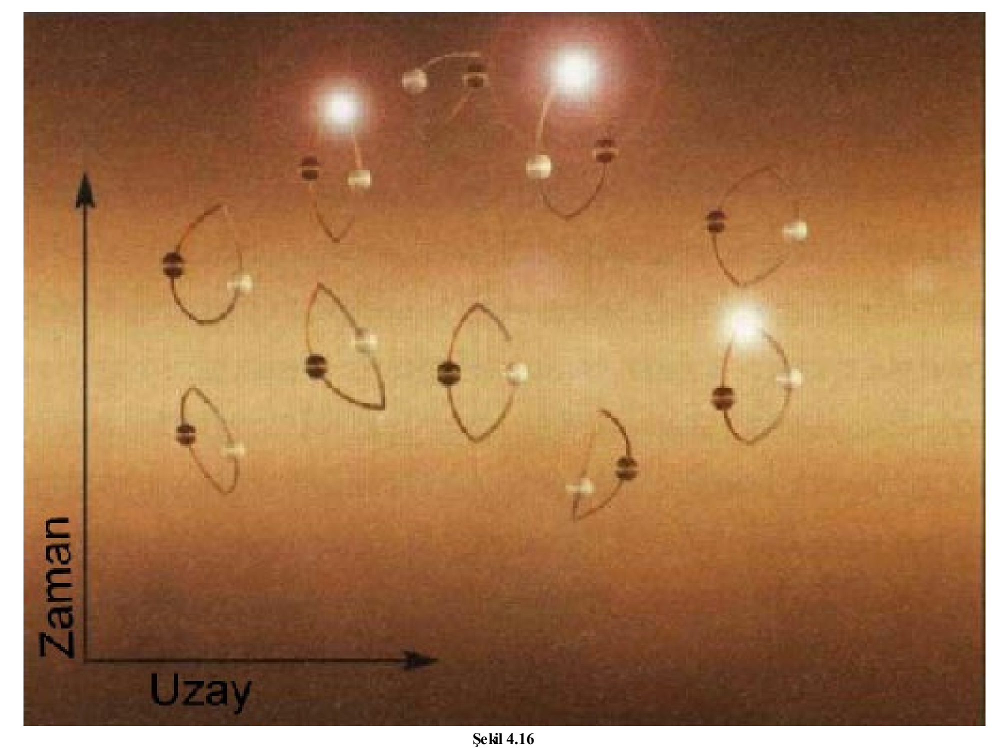
değerleri veya konumları ile yine sıfır büyüklüğünde kesin bir değişim oranları veya hızları olurdu. Bu durum, hem konum hem de hızın net biçimde tanımlanamayacağına dayanan belirsizlik ilkesinin çiğnenmesi olurdu. Bütün alanlar, bunun yerine (Bölüm 2'deki sarkacın sıfır noktası titreşimlerine sahip olması gerektiği gibi) belirli bir miktarda vakum titreşimine sahip olmalıdır. Vakum titreşimleri farklı görünen, ancak aslında matematiksel açıdan birbirine denk olan çeşitli yollarla yorumlanabilir. Pozitivist açıdan bakıldığında, bir kişi, ele alınan problem için en faydalı tanımı kullanmakta özgürdür. Bu durumda, vakum titreşimlerini, uzay-zamanın bir noktasında birlikte beliren, birbirinden uzaklaşan ve biri eşerek birbirini yok eden sanal parçacıklar olarak düşünmek yerinde olacaktır. "Sanal" kelimesi, bu parçacıkların doğrudan gözlemlenemeyeceği, ancak dolaylı etkilerinin ölçülebileceği ve kuramsal öngörülerle belirgin bir tamlıkla uyum gösterdikleri anlamına gelir (Şekil 4.16).

Eğer bir kara delik varsa; iki parçacıktan biri, kara deliğin içine düşüp diğeri de sonsuzluğa kaçmak üzere serbest kalabilir (Şekil 4.17). Kara delikten uzakta duran bir kişi için, kaçan parçacıklar kara delik tarafından yayılmış gibi görünür. Bir kara deliğin tayfı, tam olarak, sıcak bir kitleden bekleyeceğimiz şekildedir ve sıcaklığı da kara deliğin ufkundaki — sınırındaki - kütle çekim alanıyla orantılıdır. Başka bir deyişle, bir kara deliğin sıcaklığı, boyutuna bağlıdır.




**Şekil 4.17**

*Bir kara deliğin olay ufkunun yakınında beliren ve birbirini yok eden sanal parçacıklar. İki parçacıktan biri kara deliğin içine düşerken, diğeri kaçmak üzere serbest kalır. Olay ufkunun dışından, kaçan parçacıkları kara delik saçıyormuş gibi görünür.*




Şekil 4.16

*Boş uzayda, parçacık çiftleri belirir, kısa bir varlık sürdürür ve birbirini yok eder.*

Gözlemci tarafından hiçbir zaman görülmeyecek olaylar

T

Gözlemcinin olay ufku

Gözlemcinin geçmişi

Gözlemcinin olay ufku

Sabit zaman yüzeyi

Şekil 4.18

*Genel göreliliğin alan eşitliklerinin "de Sitter" çözümü, şişkinlik yaparak genişleyen bir*

*evren tablosu çizer. Diyagramda zaman yukarı doğru, evrenin boyutu ise, yatay doğrultuda gösteriliyor. Uzayda uzaklıklar o kadar hızla artar ki, uzak galaksilerden gelen ışık bize hiçbir zaman ulaşmaz ve bir kara delikte olduğu gibi, bir olay ufku, yani gözlemleyemediğimiz bölgenin bir sınırı ortaya çıkar.*

Güneşin birkaç katı kütleye sahip bir kara delik, mutlak sıfırın üzerinde derecenin yaklaşık milyonda biri kadar bir sıcaklığa sahiptir, daha büyük bir kara deliğin sıcaklığı ise daha da düşüktür. Bu nedenle, böyle kara deliklerden kaynaklanan her kuantum radyasyonu, büyük patlamadan geriye kalan, 2.7 derecedeki radyasyon (Bölüm 2'de de ele aldığımız kozmik fon radyasyonu) içinde kaybolur Daha küçük ve daha sıcak kara deliklerden kaynaklanan radyasyonun bulunması olasıdır, ancak çevremizde pek fazla yokmuş gibi gözükür. Ne yazık. Eğer biri keşfedilseydi, ben de bir Nobel Ödülü kazanırdım. Bununla birlikte; bu radyasyon için dolaylı, gözlemsel bir kanıtımız var. Üstelik bu kanıt, evrenin erken zamanından kaynaklanıyor. Bölüm 3'te de açıkladığımız gibi, evrenin, geçmişinin en başlarında, sürekli artan bir hızla genişlediği bir şişkinlik devresinden geçtiği düşünülüyordu. Bu devredeki genişleme, o kadar hızlı olacaktı ki; bazı nesneler, ışıklarının bize ulaşması için bizden fazlasıyla uzakta olacaktı. Bu ışık bize doğru ilerlerken, evren çok fazla ve çok hızlı genişlemiş olacaktı. Bu nedenle, evrende, tıpkı bir kara deliğin ufku gibi bir ufuk olacaktı, bu ufuk ışığın bize ulaşabileceği bölgeyi, ışığın bize ulaşamayacağı bölgeden ayıracaktı (Şekil 4.18).

Oldukça benzer düşünceler, tıpkı bir kara delik ufkundan kaynaklandığı gibi, bu ufuktan da kaynaklanan ısıl radyasyon bulunması gerektiğini gösteriyor. Isıl radyasyondan, yoğunluk titreşimlerinin karakteristik tayfını bekleriz. Bu durumda, söz konusu yoğunluk titreşimleri, evrenle birlikte genişlemiş olacaktır. Uzunluk ölçekleri, olay ufkunun boyutundan uzun bir duruma geldiğinde sabitlenmiş olacaktır. Böylece onları günümüzde, evrenin erken zamanlarından geriye kalan kozmik fon radyasyonun sıcaklığındaki küçük farklılıklar olarak gözlemleyebiliriz. Bu farklılıklarda yapılan gözlemler, ısıl titreşimlerle ilgili öngörülere dikkate değer bir tamlıkla uyum gösterir.

Kara delik radyasyonu için elimizde bulunan gözlemsel kanıt, bir miktar dolaylı olsa da, bu problem üzerinde çalışma yapan herkes, gözlemlerle sınadığımız diğer kuramlarımızla tutarlılık göstermesi için, bu radyasyonun varolması gerektiği konusunda hemfikirdir. Bu durumun determinizm için önemli imaları vardır. Bir kara delikten kaynaklanan radyasyon kara delikten enerji götürecektir. Yani, kara delik kütle kaybedecek ve küçülecektir. Dolayısı ile de, bu durum, kara deliğin sıcaklığının yükseleceği ve radyasyon miktarının artacağı anlamına gelir. Kara deliğin kütlesi sonunda sıfırlanacaktır. Bu noktada gerçekleşecekleri nasıl hesaplayacağımızı bilmiyoruz. Ancak bunun doğal ve akla yatkın tek sonucu kara deliğin tamamen ortadan kalkması gibi görünüyor. Peki, dalga fonksiyonunun, kara deliğin içerisindeki kısmına ve kara deliğin içine düşenler hakkında taşıdığı bilgilere bundan sonra ne olur? Yapılacak ilk tahmin, dalga fonksiyonunun bu parçasının ve taşıdığı bilgilerin, kara delik sonunda yok olduğunda ortaya çıkacağı yönündedir. Bununla birlikte, telefon faturası elinize geçtiğinde de anlayacağınız gibi, bilgiler bedelsiz taşınmaz.

Bilginin taşınması için enerji gerekir, ancak bir kara deliğin son aşamalarında geriye çok az enerji kalır. İçerdeki bilginin dışarıya çıkması için en akla uygun yol, sözkonusu sonuçsal aşamayı beklemesi değil; radyasyonla birlikte ortaya çıkmasıdır. Bununla birlikte, birinin içeri düştüğü ve diğerinin de kaçtığı sanal parçacık çifti tanımlamasına göre, kaçan parçacığın içeri düşenlerle ilişkili olması veya içeri düşenler hakkındaki bilgileri taşıması beklenemez. Bu yüzden, bu sorunun tek cevabı; kara deliğin içindeki dalga fonksiyonu parçasının taşıdığı bilgilerin kaybolmasıdır (Şekil 4.19).




Şekil 4.19

*Kara deliğin ufkundan kaynaklanan ısıl radyasyonun taşıdığı pozitif enerji, kara deliğin kütlesini azaltır. Kara delik kütle kaybettikçe, sıcaklığı yükselir ve radyasyon miktarı artar, bu yüzden de kütlesini daha hızlı kaybeder. Kütle son derece küçüldüğünde neler olacağını bilmiyoruz, ancak bunun en olası sonucu, kara deliğin tamamen ortadan kalkması olabilir.*

Bu tür bilgi kayıplarının determinizm için önemli imaları olacaktır. Başlangıç olarak, kara delik yok olduktan sonra dalga fonksiyonunu bilseniz bile, Schrödinger eşitliğini geriye doğru çalıştırıp dalga fonksiyonunun, kara deliğin oluşmadan önceki değerini hesaplayamayacağınızı belirtmiştik. Dalga fonksiyonunun önceki değeri, kara delikte kaybolan dalga fonksiyonu parçasına kısmen dayanır.

Geçmişi tam olarak bilebileceğimizi düşünürüz. Ancak bilgi kara delikte kaybolursa, bunu yapamayız. Herhangi bir şey gerçekleşmiş olabilir.

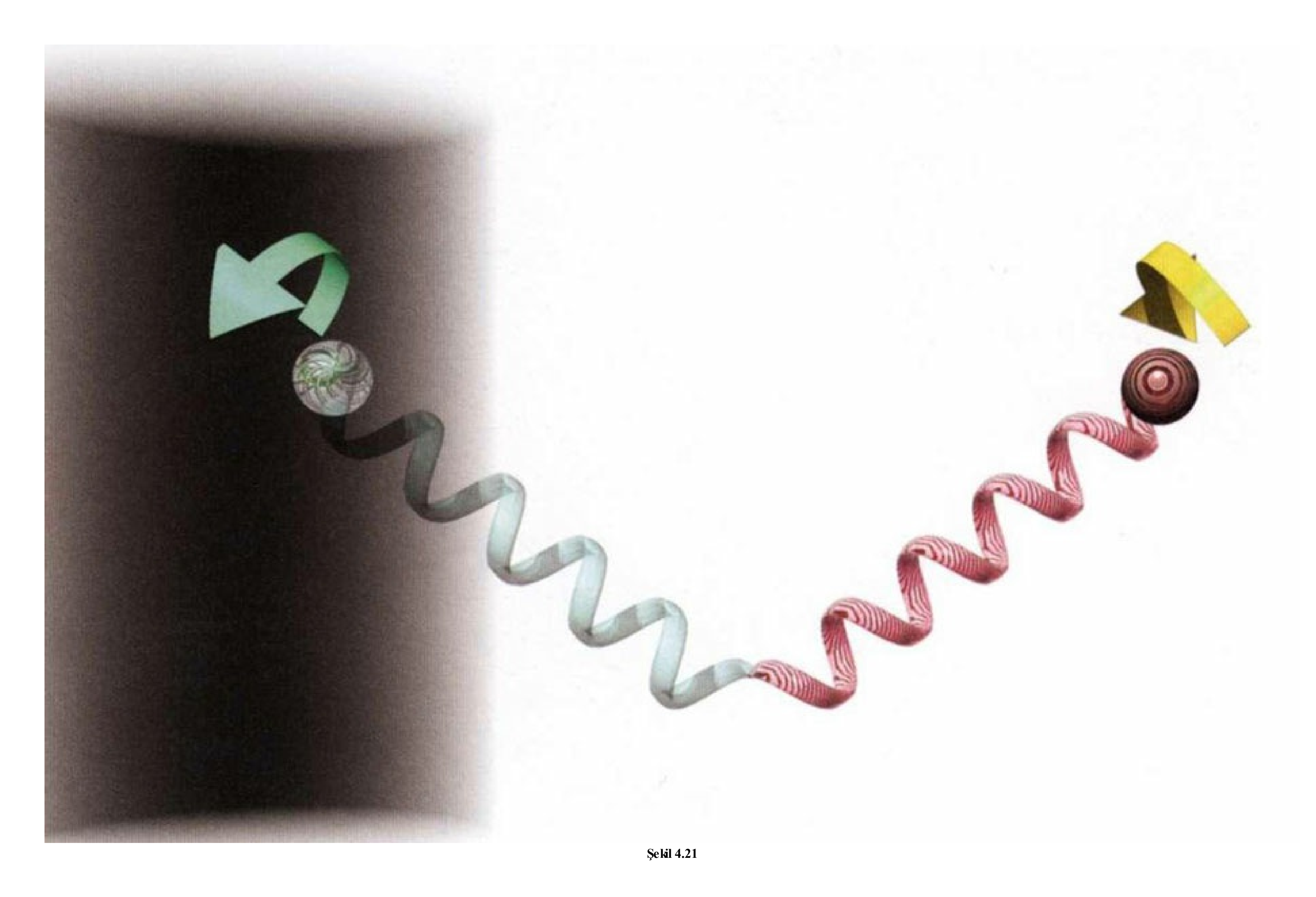
Bununla birlikte, astrologlar ve onlara danışanlar, geçmiştense geleceğin öngörümüyle daha fazla ilgilenir. İlk bakışta, dalga fonksiyonu parçasının kara delikte kaybolması, kara deliğin dışındaki dalga fonksiyonu parçasını öngörmemizi engellemeyecekmiş gibi görünebilir. Ancak bu kayıp, gerçekten de, böyle bir öngörüyü engeller. Bunu, Einstein, Boris Podolsky ve Nathan Rosen tarafından 1930'larda gerçekleştirilen düşünsel bir deneyi gözümüzün önünde canlandırdığımızda anlayabiliriz.



Şekil 4.20

*Einstein-Podolsky-Rosen düşünsel deneyinde, bir parçacığın spinini ölçen gözlemci, ikinci parçacığın dönüş yönünü bilecektir.*

Radyoaktif bir atomun bozunduğunu ve zıt yönlerde, zıt spinlere sahip iki parçacık saldığını gözünüzün önünde canlandırın. Sadece tek bir parçacığa bakan bir gözlemci, onun sağa mı yoksa sola mı döneceğini öngöremez. Ancak gözlemci, parçacığın sağa döndüğünü ölçerse, diğer parçacığın sola döneceğini ve bu parçacığın sola doğru döndüğünü ölçerse, diğer parçacığın sağa doğru döneceğini kesinlikle öngörebilir (Şekil 4.20). Einstein'a göre bu deney kuantum kuramının saçmalığını kanıtlıyordu. Çünkü, diğer parçacık o sırada galaksinin öbür tarafında olabilir, ancak gene de döndüğü yön hemen bilinebilirdi. Bununla birlikte, bilim adamlarının çoğu şaşıranın kuantum kuramı değil, Einstein olduğunda hemfikirdi. Einstein-Podolski-Rosen düşünsel deneyi, ışıktan hızlı bilgi gönderilebileceğini kanıtlamaz. Aksi taktirde, asıl saçmalık bu olurdu. Bir kişi kendi parçacığında yapılan ölçüm sonucunda, spinin sağa doğru olmasını seçemeyeceğinden, uzaktaki bir gözlemcinin parçacığında yapılan ölçümün sonucunda da spinin sola doğru çıkmasını öngöremez.



Şekil 4.21

*Sanal bir parçacık çifti, her iki parçacığın zıt yönlü spinleri olacağını öngören bir dalga fonksiyonuna sahiptir. Ancak parçacıklardan biri kara deliğe düşerse, geriye kalan parçacığın spininin kesin olarak öngörülmesi olanaksızdır.*

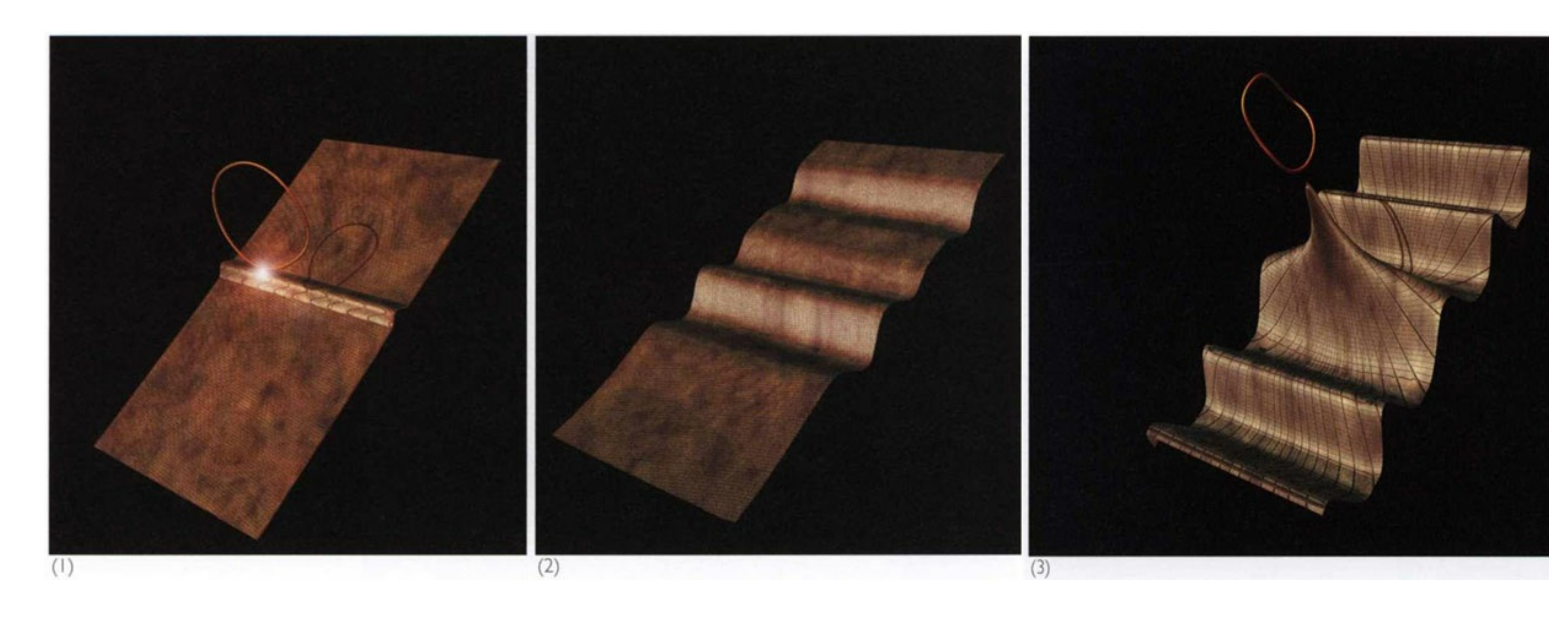
Bu düşünsel deney, aslında tam olarak kara delik radyasyonunda gerçekleşen şeydir. Sanal parçacık çiftinin, ikisinin kesinlikle zıt spinleri olacağını öngören bir dalga fonksiyonu bulunacaktır (Şekil 4.21). Bizim asıl yapmak istediğimiz ise, giden parçacığın spinini ve dalga fonksiyonunu öngörmektir; bunu, kara deliğe düşen parçacığı gözlemleyebilirsek gerçekleştirebiliriz. Ancak, bu parçacık artık kara deliğin içindedir; burada spini ve dalga fonksiyonu ölçülemez. Bu nedenle, kaçan parçacığın spini veya dalga fonksiyonu öngörülemez. Bu parçacık, farklı olasılıklarla, farklı spinlere ve farklı dalga fonksiyonlarına sahip olabilir. Ancak eşsiz bir spine veya dalga fonksiyonuna sahip değildir. Böylece, geleceği öngörme yeteneğimiz daha da azalmış görünür. Belirsizlik ilkesi, parçacıkların konum ve hızlarının birlikte kesin olarak öngörülemeyeceğini gösterdiğinden, hem konumların, hem de hızların öngörülebileceği hakkındaki Laplac'a ait klasik düşüncenin değiştirilmesi gerekiyordu. Bununla birlikte, dalga fonksiyonu hâlâ ölçülebilirdi ve Schrödinger eşitliği kullanılarak dalga fonksiyonun gelecekteki değeri hâlâ daha öngörülebilirdi. Bu ise, konum ve hızın bir bileşimini kesinlikle öngörme olanağı tanıyacaktı, ki bu, Laplace'ın düşüncesine göre, öngörülebilenin yarısıdır. Parçacıkların zıt yönlü spinlere sahip olduğunu kesinlikle öngörebiliriz; ancak parçacıklardan biri kara deliğe düşerse, geriye kalan parçacık hakkında yapabileceğimiz kesin bir öngörü olamaz. Yani, kara deliğin dışında, kesinlikle öngörülebilecek hiçbir ölçüm yoktur; kesin öngörüler yapma yeteneğimiz sıfıra inecektir. Bu yüzden, belki de astroloji, geleceği öngörme konusunda bilime göre daha başarısız değildir.

Kesişen Zarlar

Kara Delik

Şekil 4.22

*Kara delikler, uzay-zamanın ek boyutlarındaki p-zar kesişimleri olarak düşünülebilir. Kara deliklerinin içsel durumları hakkındaki bilgiler, p-zarlardaki dalgalar şeklinde depolanacaktır.*




**Şekil 4.23**

*Bir kara deliğe düşen bir parçacık bir p-zara çarpan, kapalı bir sicim ilmeği olarak düşünülebilir (1). Bu sicim ilmeği, p-zarda dalgalar oluşturacaktır (2). Dalgalar birleşebilir ve p-*

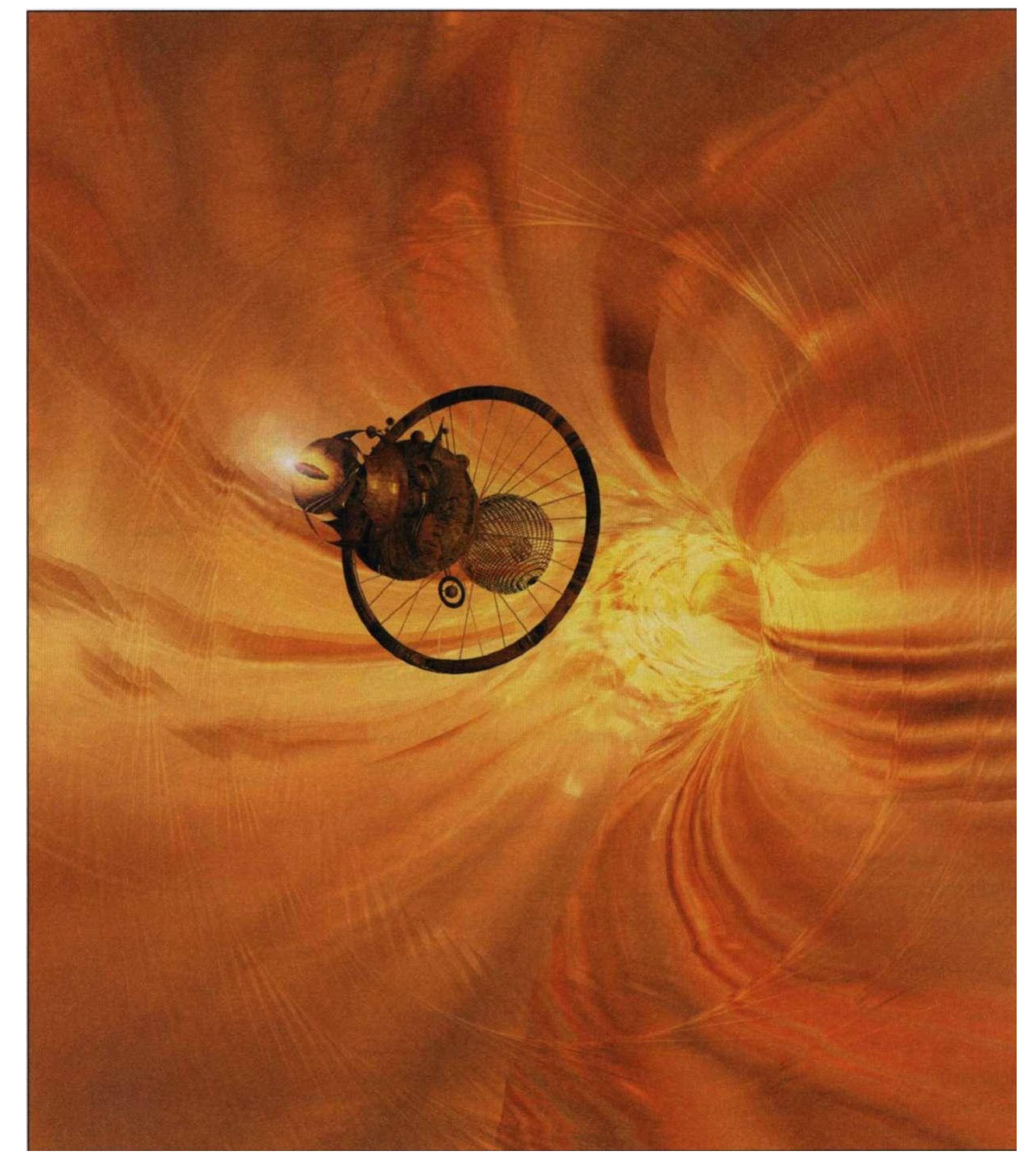
*zarın bir parçasının kapalı bir sicim şeklinde kopmasına neden olabilir (3). Bu, kara delik tarafından yayılan bir parçacık olacaktır.*

Birçok fizikçi, determinizmdeki bu zayıflamadan hoşlanmadı ve bu yüzden de kara deliğin içindekiler hakkındaki bilgilerin bir şekilde dışarı çıkabileceğini öne sürdü. Bilgilerin kurtarılması için bir yol bulunması, yıllar boyunca sadece bir umut olarak kaldı. Ancak 1996'da, Andrew Strominger ve Cumrun Vafa önemli bir ilerleme kaydetti. Bir kara deliğin, p-zar adı verilen, bir dizi yapı taşından oluştuğunu kabul ettiler.

Hatırlayın, p-zarları, uzayın üç boyutunda ve fark etmediğimiz, ek yedi boyutta da ilerleyen yapraklar şeklinde düşünebiliyorduk (Şekil 4.22). Belirli durumlarda, p-zarların üstündeki dalga sayısının, kara deliğin içermesi beklenen bilgi miktarıyla aynı olduğu gösterilebilir. Eğer parçacıklar p-zarlara çarparsa zarlar üzerinde fazladan dalgalar oluşturur. Benzer şekilde, p-zarlar üzerinde farklı yönlerde hareket eden dalgalar, aynı noktada birleşirse, o kadar büyük bir tepe yaratabilir ki, p-zarın bir parçası kopar ve bir parçacık şeklinde uzaklaşır. Böylece, p-zarlar, tıpkı kara delikler gibi, parçacık soğurabilir ve yayabilir (Şekil 4.23).



P-zarlar geçerli bir kuram şeklinde ele alınabilir, yani, düz bir uzay-zamanda ilerleyen küçük yaprakların gerçekten de var olduğuna inanmamız gerekmez; ancak kara delikler, böyle yapraklardan oluşuyormuş gibi hareket edebilir. Bu, karmaşık etkileşimlere sahip milyarlarca ve milyarlarca $H_20$ molekülünden oluşan suya benzer. Ancak akıcı bir sıvı çok iyi ve geçerli bir modeldir. Kara deliklerin p-zarlardan meydana geldiği matematiksel model, daha önce açıkladığımız sanal parçacık çifti tanımına benzer sonuçlar doğurur. Bu yüzden, pozitivist bir açıdan bakıldığında, en azından belirli kara delik sınıfları için, eşit derecede iyi bir modeldir. P-zar modeli, bu sınıflar için, sanal parçacık çifti modelinin öngördüğüyle tam olarak aynı salma hızını öngörür. Bununla birlikte, arada önemli bir fark vardır: kara deliğin içine düşenler hakkındaki bilgiler, p-zar modelinde, p-zarların üzerindeki dalgalara ait dalga fonksiyonunda depolanacaktır. P-zarlar, düz uzay-zamandaki yapraklar şeklinde ele alındığı için, zaman düzgün bir şekilde akacak, ışık ışınlarının yolları eğilmeyecek ve dalgalardaki bilgiler kaybolmayacaktır. Bilgiler, p-zarlardan kaynaklanan radyasyon içinde kara delikten çıkacaktır. Böylece, p-zar modeline göre, Schrödinger eşitliğini kullanarak dalga fonksiyonunun daha sonraki anlardaki değerini hesaplayabiliriz. Hiçbir şey kaybolmayacak ve zaman düzgün bir şekilde akıp gidecektir. Böylelikle, bizler de, Kuantum anlamında tam bir determinizme sahip olacağız.



Peki, bu tanımlamalardan hangisi doğru? Dalga fonksiyonunun bir parçası kara delikte kayıp mı oluyor, yoksa p-zar modelinde de öne sürüldüğü gibi, bilgilerin tamamı yeniden dışarı mı çıkıyor? Bu, günümüzün kuramsal fiziğindeki henüz cevaplanmamış sorulardan biridir. Birçok kişi yakın zamandaki çalışmaların şunu gösterdiğine inanıyor: bilgiler kaybolmaz! Dünya güvenilir ve öngörülebilirdir, üstelik beklenmedik hiçbir şey gerçekleşmeyecektir. Ancak bu belirgin değildir. Eğer Einstein'ın genel görelilik kuramı ciddiye alınırsa, uzay-zamanın kendini düğümlemesi ve

bilgilerin kıvrımlarda kaybolması olasılığına olanak tanınmalıdır. Uzay gemisi Atılgan, bir solucan deliğinden geçtiğinde, beklenmedik bir şey oldu. Biliyorum, çünkü ben de gemideydim, Newton, Einstein ve Data ile poker oynuyordum. Büyük bir sürprizle karşılaştım. Bakın, dizimin üstünde ne belirdi.

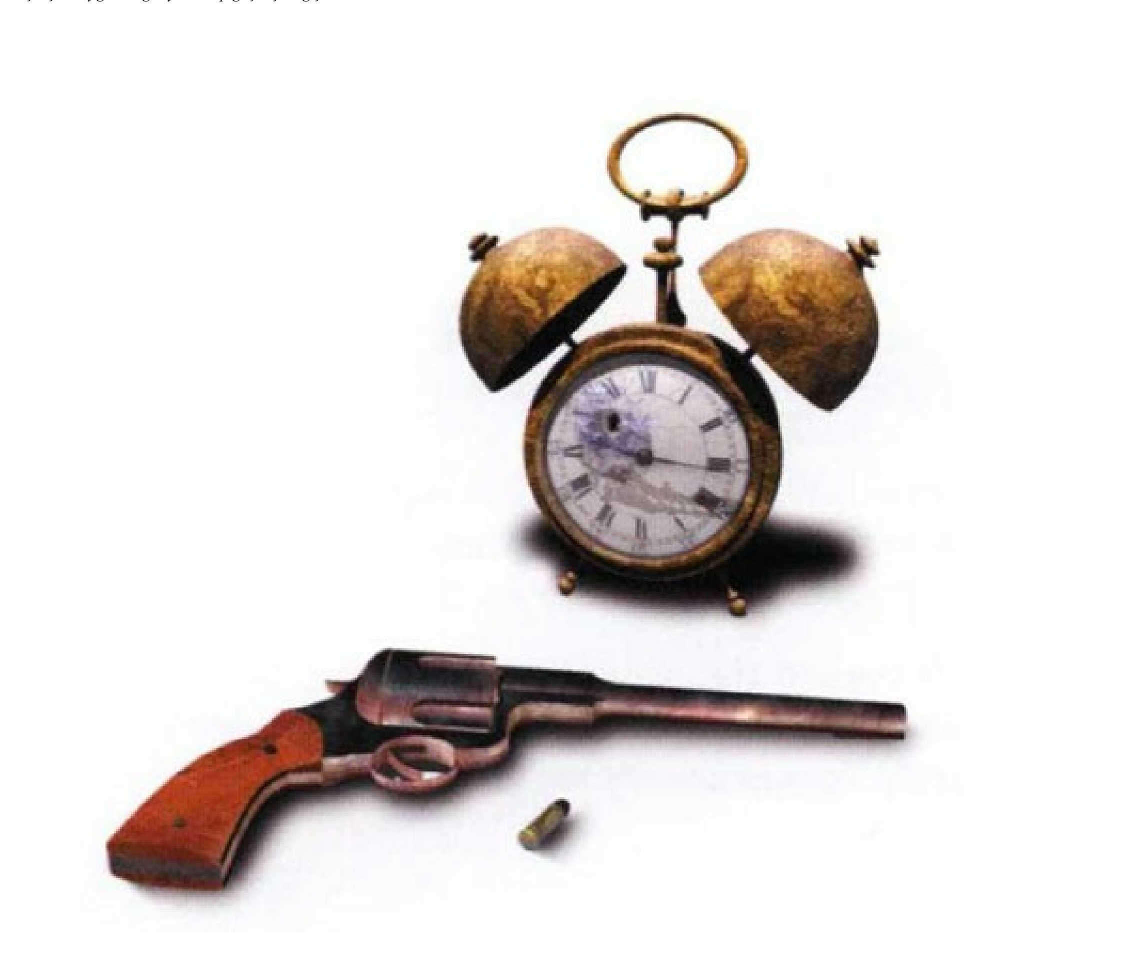


*(Paramount Pictures'ın izniyle UZAY YOLU: YENİ NESİL. 2001, Paramount Pictures Bütün hakları saklıdır.)*

# Bölüm 5

Geçmişin Korunması

*Zaman yolculuğu mümkün mü? Gelişmiş bir uygarlık, geriye dönüp geçmişi değiştirebilir mi?*



**Stephen W. Hawking (ki genelleme yapmayarak, bu konu üzerinde, önceki bir bahsi kaybetmiştir) çıplak tekilliklerin birer bilmece olduğuna ve klasik fizik kanunları ile yasaklanması gerektiğine hâlâ ve kesinlikle inanmaktadır.**

**John Preskill ve Kip Thorne ise hâlâ (ki bir önceki bahsi kazanmışlardır), çıplak tekillikleri, bütün Evren'in görmesi için, ufuklar tarafından örtülmemiş, varlığı olası, kütle çekimsel nesneler olarak düşünmektedir.**

**Bu nedenle, aşağıdaki bahis Hawking tarafından önerilmiş ve Preskill/Thorne tarafından kabul edilmiştir:**

> Düz uzay zamanda tekilleşme yetisine sahip olmayan herhangi bir klasik madde veya alan biçimi, klasik Einstein eşitlikleri aracılığıyla, genel görelilikle birleştiğinde,

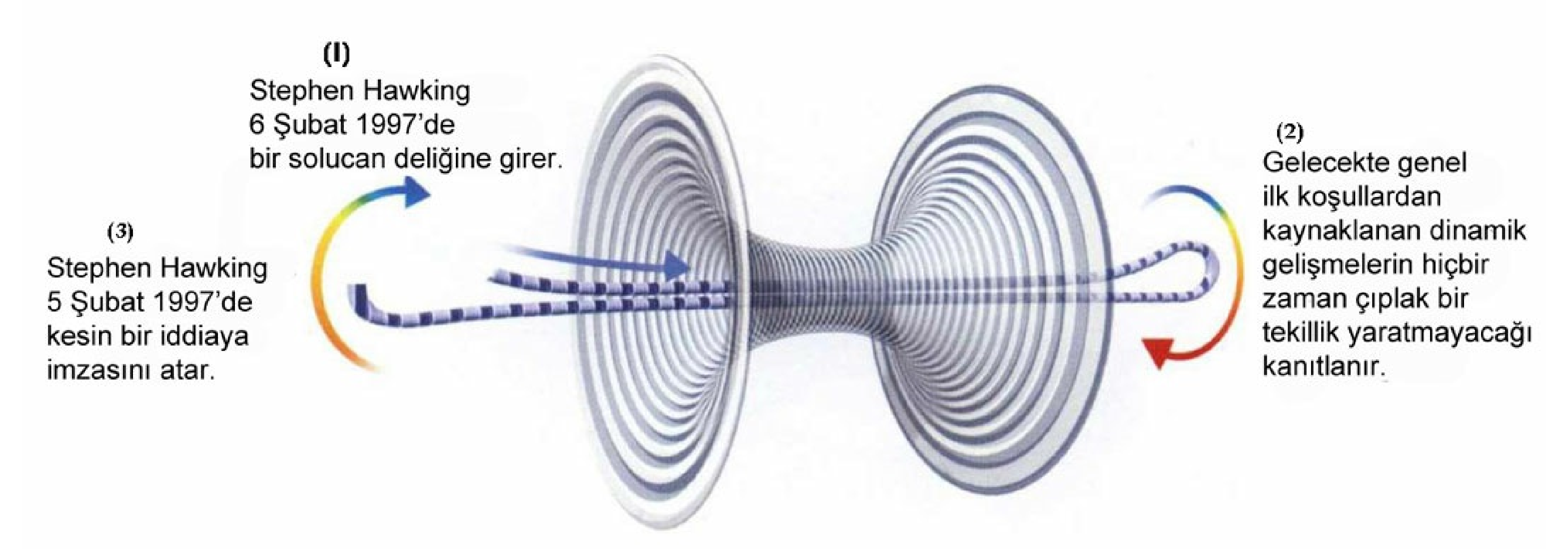
**Genel ilk koşullardan (**yani, ilk verilerden oluşan açık bir kümeden**) kaynaklanan dinamik bir değişim hiçbir zaman çıplak bir tekillik (**I+'dan, geçmiş uç noktası bulunmayan boş bir jeodezik**) üretmez.**

**Kaybeden, kazananı çıplaklığını örtmesi için giysiyle ödüllendirecektir. Bu giysiye, uygun ve gerçekten yüz kızartıcı bir yazı işlenmiş olacaktır.**

John P. Preskill Kip S. Thorne

**Stephen W. Hawking John P. Preskill & Kip S. Thorne Pasadena,**

**Kaliforniya, 5 Şubat 1997**

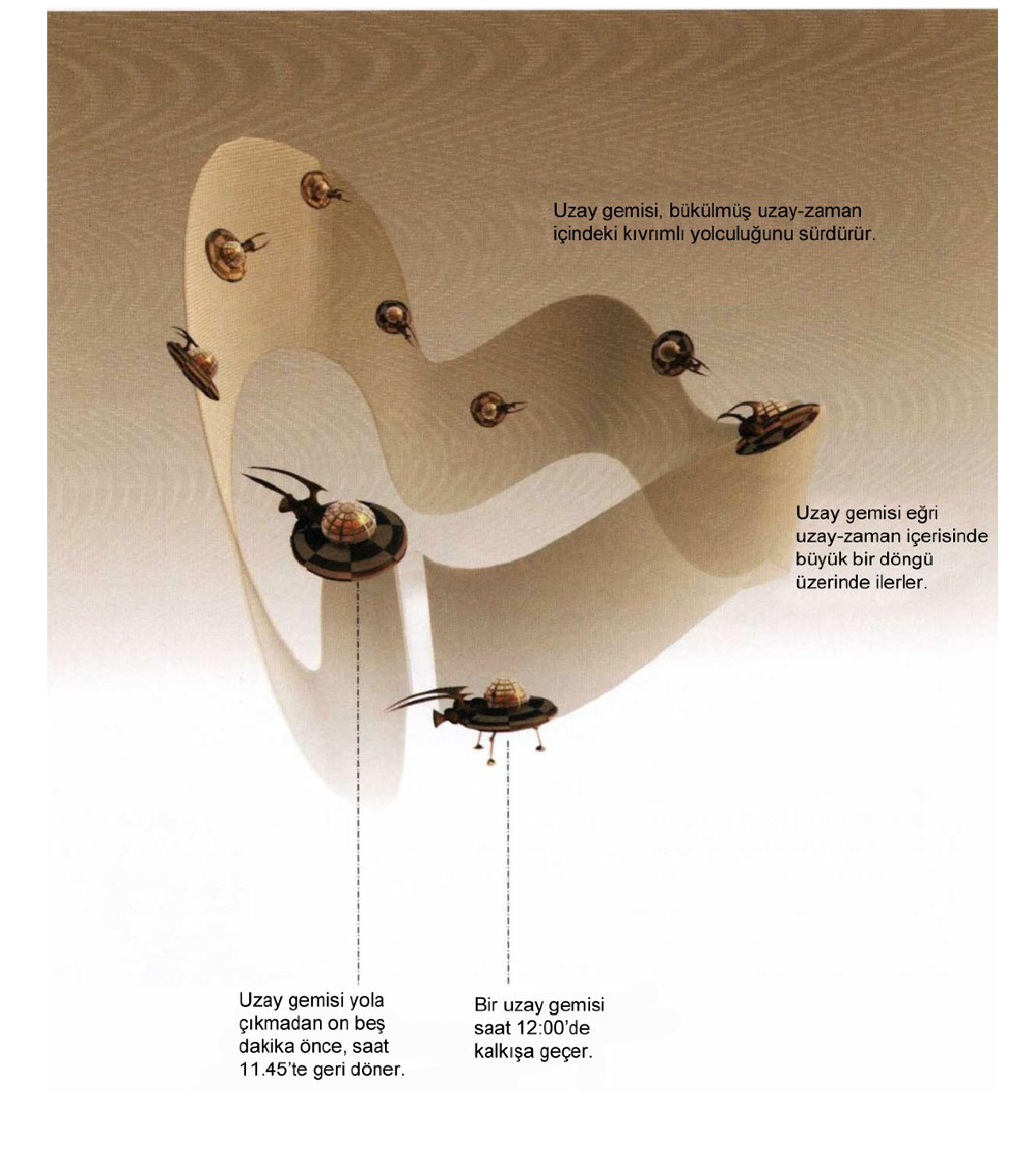


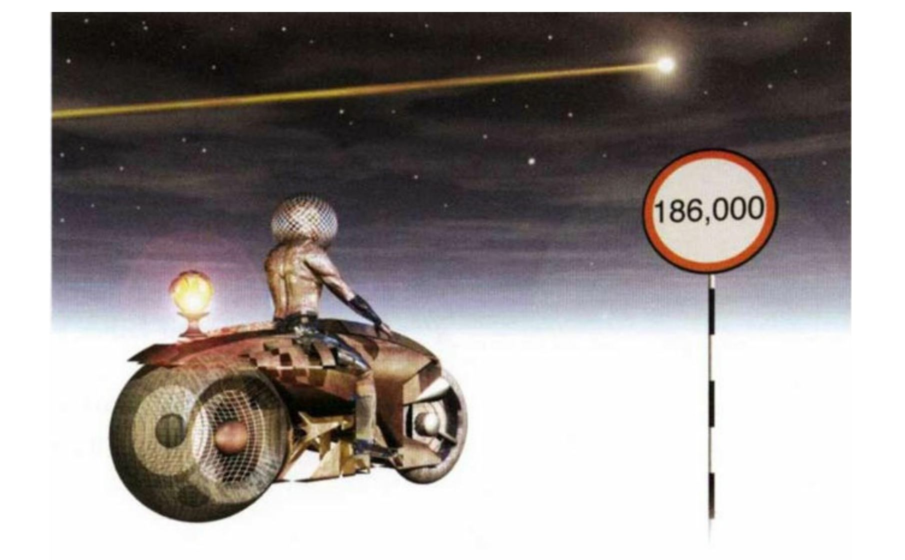

Birlikte birkaç iddiaya girdiğim arkadaşım ve meslektaşım Kip Thorne sırf herkes yapıyor diye, fizikte kabul edilen çizgiyi izleyecek bir kişi değildir. Bu durum, ona, zaman yolculuğunu uygulanabilir bir olasılık olarak tartışan, ciddi ilk bilimadamı olma cesaretini vermiştir.



Kip Thome

Zaman yolculuğu hakkında, açıkça, kuramsal olarak düşünmek ince bir iştir. Bunu yapan kişi, ya bu kadar saçma bir şey için halkın parasının boşa harcanması karşısında halkın protestosuyla, ya da bu araştırmanın askeri amaçlar için sınıflandırılması talebiyle karşılaşacaktır. Her şeyin ötesinde, zaman makinesine sahip birine karşı kendimizi nasıl koruyabiliriz ki? Bu makineye sahip olanlar, tarihi değiştirebilir ve dünyaya hükmedebilir. İçimizden sadece birkaçı, fizik camiasında politik açıdan bu kadar yanlış bir konu üzerinde çalışacak gözü pekliğe sahip olabilir. Gerçeği, zaman yolculuğunun şifresi olan teknik terimler kullanarak gizliyoruz. Zaman yolculuğu hakkındaki bütün modern tartışmaların temelini, Einstein'ın genel görelilik kuramı oluşturur. Einstein eşitlikleri, daha önceki bölümlerde de gördüğümüz gibi, uzay ve zamanın evrendeki madde ve enerji tarafından eğilmesini ve bozunmaya uğramasını tanımlayarak onları dinamikleştirdi. Bir kişinin kol saati ile ölçülen kişisel zamanı, genel görelilikte, tıpkı Newton'un kuramında veya özel göreliliğin düz uzay-zamanında da olduğu gibi hep artacaktı. Ancak artık öyle bir olasılık vardı ki; uzay-zaman, bir uzay gemisi ile kalkıp yola çıkmadan önce geri dönebileceğiniz kadar bükülmüş olabilirdi.


Uzay gemisi, bükülmüş uzay-zaman
içindeki kıvrımlı yolculuğunu sürdürür.
Uzay gemisi eğri
uzay-zaman içerisinde
büyük bir döngü
üzerinde ilerler.
Uzay gemisi yola
çıkmadan on beş
dakika önce, saat
11.45'te geri döner.
Bir uzay gemisi
saat 12:00'de
kalkışa geçer.






Bunun gerçekleşmesinin bir yolu, solucan deliklerinin, yani uzay ve zamanın farklı bölgelerini bağlayan, Bölüm 4'te bahsettiğimiz uzay-zaman tünellerinin var olmasıdır. Bu düşünceye göre, uzay geminizi solucan deliğinin bir ağzına yönlendirirseniz, farklı bir yerde ve farklı bir zamanda diğer ağızdan çıkarsınız (Şekil 5.2).



Şekil 5.2

*İkizler Paradoksunun İkinci Bir Çeşidi*

*(1) Eğer iki ucu birbirine yakın bir solucan deliği varsa, solucan deliğinden geçip aynı anda dışarı çıkabilirsiniz.*

*(2) Varsayalım ki, solucan deliğinin bir ağzı, uzun bir yolculuğa çıkan bir uzay*

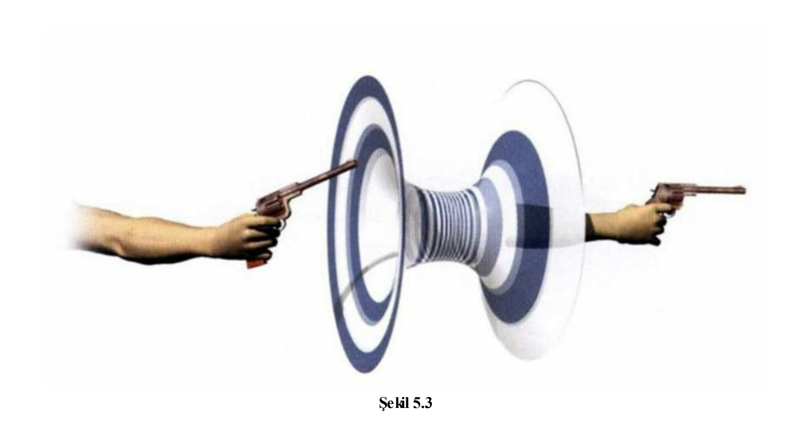
*gemisindeyken, diğer ağzı Dünya'da kalsın.*

*(3) İkizler paradoksunun etkisi nedeniyle, uzay gemisi geri döndüğünde, geminin taşıdığı ağız için, dünyada kalan ağza göre daha az süre geçmiştir. Yani, Dünya ağzından girerseniz, daha önceki bir anda uzay gemisine çıkabilirsiniz.*

Eğer solucan delikleri var ise; bu durum, uzaydaki hız sınırlaması sorununun çözümü olacaktır: ışık hızından düşük bir hızda ilerleyen bir uzay gemisi içinde galaksinin öbür ucuna gitmek, göreliliğin de gerektirdiği gibi, on binlerce yıl sürecektir. Ancak bir solucan deliği içerisinden geçip, galaksinin öbür ucuna gidebilir ve akşam yemeği için tam saatinde geri dönebilirsiniz. Bununla birlikte, eğer solucan delikleri var ise; ayrıca onları kullanarak yola çıkmadan önce bile geri dönebilirsiniz. Yani, roketi rampadan fırlatıp, yola çıkmanızı baştan engelleyebilirsiniz. Bu büyükbaba paradoksunun bir çeşididir: geriye gider ve büyükanneniz babanıza gebe kalmadan önce, büyükbabanızı öldürürseniz ne olur? (Şekil 5.3)

Elbette ki, bu sadece, zamanda geriye gittiğinizde, istediğinizi yapabileceğiniz konusunda özgür iradeye sahip olduğunuza inanıyorsanız paradoks olur. Bu kitapta, özgür irade hakkında felsefi bir tartışma içerisine girmeyeceğiz. Bunun yerine, fizik kanunlarının, evrenin, bir uzay gemisi gibi makroskobik bir kütlenin kendi geçmişine geri dönebileceği kadar bükülmesine olanak tanıyıp tanımayacağı üzerinde yoğunlaşacağız. Einstein'ın kuramına göre, ışığın yerel hızından düşük bir hızda ilerleyen bir uzay gemisi, uzay-zaman boyunca zaman-benzeri bir yol izleyecektir. Böylece, şu soru teknik terimlerle formülleştirilebilir: uzay-zaman, kapalı - yani, başlangıç noktasına tekrar tekrar dönen - zanıan-benzeri eğrilere olanak tanıyacak mıdır? İlerleyen sayfalarda, böyle yollara, "zaman döngüleri" diyeceğim.

**KOZMİK SİCİMLER**
Kozmik sicimler, belki de evrenin erken dönemlerinde yaratılmış olan, küçük kesitli, uzun, ağır nesnelerdir. Kozmik sicimler oluştuktan sonra, evrenin genişlemesiyle daha da uzadı, öyle ki, şu sıralar tek bir kozmik sicim, gözlenebilir evren boyunca uzanabilir. Kozmik sicimlerin varlığı, modem tanecik kuramları tarafından önerilir. Bu kuramlar, evrenin sıcak, erken dönemlerindeki maddenin, kesikli bir yapıya sahip buz kristalleri gibi değil de. tıpkı sıvı su gibi ki simetriktir, yani her yönde, yer noktada aynıdır simetrik bir fazda olduğunu öngörür.
Evren soğuduğunda, erken dönemin simetrisi; farklı bölgelerde, farklı şekillerde bozulmuş olabilir. Sonuç olarak kozmik madde, bu bölgelerde


Şekil 5.3

*Bir solucan deliğinden daha önceki bir zamana atılan bir kurşun, onu atan kişiyi etkileyebilir mi?*

Bu soruyu cevaplayabileceğimiz üç düzey vardır. Birincisi; Einstein'ın genel görelilik kuramıdır, bu kuramda evrenin hiçbir belirsizliği olmayan, iyi tanımlanmış bir geçmişinin bulunduğunu varsayılır. Bu klasik kuram için oldukça eksiksiz bir tanımımız vardır. Bununla birlikte, daha önce de gördüğümüz gibi, bu kuram pek de doğru olamaz; çünkü madde belirsizliğe ve kuantum titreşimlerine tâbidir.

farklı taban durumlarda yerleşmiş olabilir. Kozmik sicimler, bu bölgeler arasındaki sınırlarda bulunan madde yapılandır. Oluşumları, bu nedenle, farklı bölgelerin taban durumlarının uyum göstermemesinin kaçınılmaz bir sonucudur.

Bu yüzden, zaman yolculuğu hakkındaki sorumuzu ikinci bir seviyede; yani yarı-klasik kuram düzeyinde sorabiliriz. Bu seviyede, maddenin kuantum kuramına göre davrandığını, ayrıca belirsizliğe ve kuantum titreşimlerine sahip olduğunu, ancak uzay-zamanın iyi bir şekilde tanımlandığını ve klasik olduğunu düşünürüz. Buradaki tanımın eksikleri vardır, ancak en azından nasıl ilerleyeceğimiz hakkında bir fikir sahibi oluruz.



Şekil 5.4

*Uzay-zaman, kapalı, başlangıç noktalarına tekrar tekrar dönen, zaman-benzeri eğrilere olanak tanır mı?*

Son olarak da; kütle çekimi kapsayan kuantum kuramı söz konusudur. Bu kuramda, sadece madde değil, aynı zamanda zaman ve uzay da belirsiz ve titreşimlidir, zaman yolculuğunun mümkün olup olmadığı sorusunun nasıl sorulacağı bile açık değildir. Yapabileceğimiz en iyi şey, belki de, uzay-zamanın neredeyse klasik olduğu ve belirsizliğin bulunmadığı bölgelerde yaşayan insanların, ölçümlerini nasıl yorumlayacağını sormaktır. Acaba, güçlü kütle çekiminin ve büyük kuantum titreşimlerinin bulunduğu bölgelerde zaman yolculuğunun gerçekleştiğine inanacaklar mıdır?

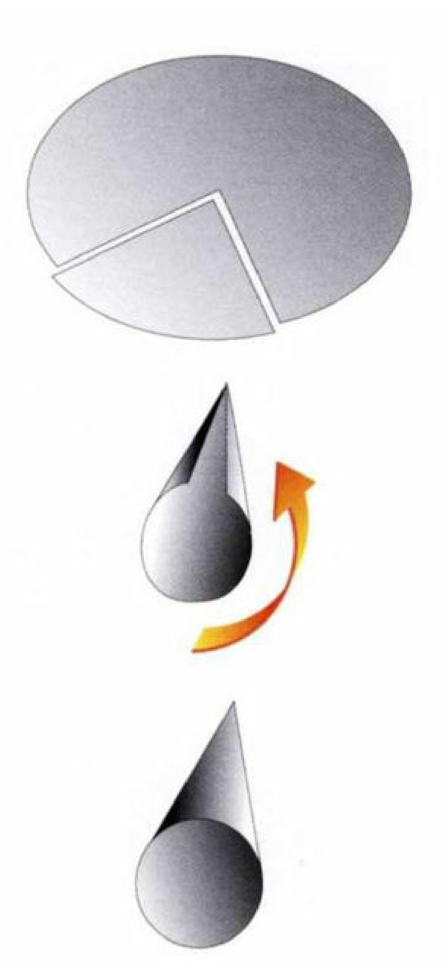
**GÖDEL'İN EKSİKLİK KURAMI**

Matematikçi Kurt Gödel, 1931'de matematiğin doğası hakkındaki ünlü eksiklik kuramını kanıtladı. Bu kuram, günümüz matematiği gibi, biçimsel herhangi bir aksiyom sistemi içerisinde, sistemi tanımlayan aksiyomlar temel alınarak kanıtlanamadığı gibi, çürütülemeyecek soruların her zaman bulunduğunu vurgular. Başka bir deyişle; Gödel, hiçbir kural veya prosedür kümesi ile çözülemeyecek problemlerin bulunduğunu göstermiştir.
Gödel'in kuramı, matematiğe temel sınırlar getirdi. Bu kuram, bilim dünyası için büyük bir şoktu, çünkü; matematiğin, mantıksal tek bir temel üzerine kurulmuş, tutarlı ve tam bir sistem olduğu hakkındaki yaygın inancı yıkıyordu. Gödel'in kuramı, Heisenberg'in belirsizlik ilkesi ve kaotik bir hale geldiğinde deterministik bir sistemin bile gelişiminin izlemesinin olanaksızlığını, değeri sadece yirminci yüzyılda anlaşılan bilimsel bilgilere önemli bir dizi kısıtlamayı ortaya koymuştur.

Klasik kuramla başlayacak olursak: özel görelilikteki (kütle çekimini kapsamayan görelilikteki) düz uzay-zaman, ne zaman yolculuğuna, ne de daha önceden bilinen eğri uzay-zamanlara olanak tanır. Bu nedenle, Gödel kuramını ortaya atan Kurt Gödel'in (metin kutusuna bakınız) 1949'da, zamanın her noktadan başlangıca döndüğü, dönen maddelerle dolu bir evren olan bir uzay-zamanı keşfetmesi, Einstein için bir şok oldu (Şekil 5.4).

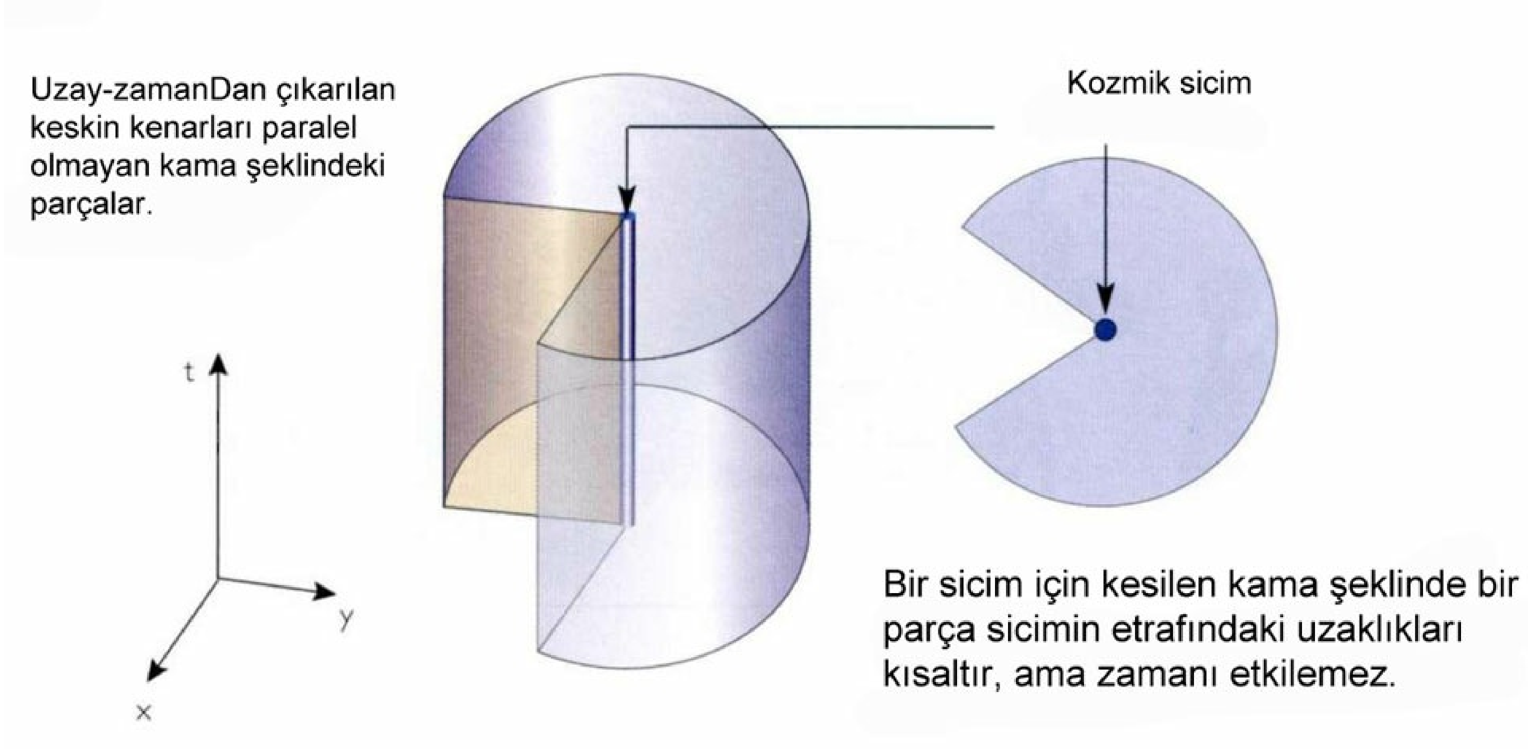
Gödel'in çözümü, doğada belki bulunan, belki de bulunmayan kozmolojik bir sabit gerektiriyordu; ancak sonradan, kozmolojik bir

sabit içermeyen başka çözümler de bulundu. Özellikle ilginç olan birine göre; iki kozmik sicim yüksek hızlarla birbirinin ötesine doğru ilerler. Kozmik sicimler, sicim kuramındaki sicimlerle karıştırılmamalıdır. Ancak bunlar tamamen ilişkisiz de değildir. Hepsi de uzunlukları olan, ancak küçük bir kesite sahip nesnelerdir. Varlıkları, temel taneciklerle ilgili bazı kuramlarda öngörülmüştür. Tek bir kozmik sicimin dış tarafındaki uzay-zaman düzdür. Bununla birlikte, söz konusu düz uzay-zamandan kama şeklinde bir parça kesilmiştir, bu parçanın sivri ucu da sicimin bulunduğu yerdedir. Bu uzay-zaman bir koniye benzer: büyük, kağıttan bir daire alın ve kek dilimi şeklinde, yani ucu dairenin merkezinde olan kama şeklinde bir parça kesin. Büyük parçayı bir kenara ayırıp, geriye kalan küçük parçanın kesilen kenarlarını yapıştırıcı ile birleştirdiğinizde, bir koni elde edersiniz. Bu, kozmik sicimlerin var olduğu uzay-zamanı temsil eder (Şekil 5.5).

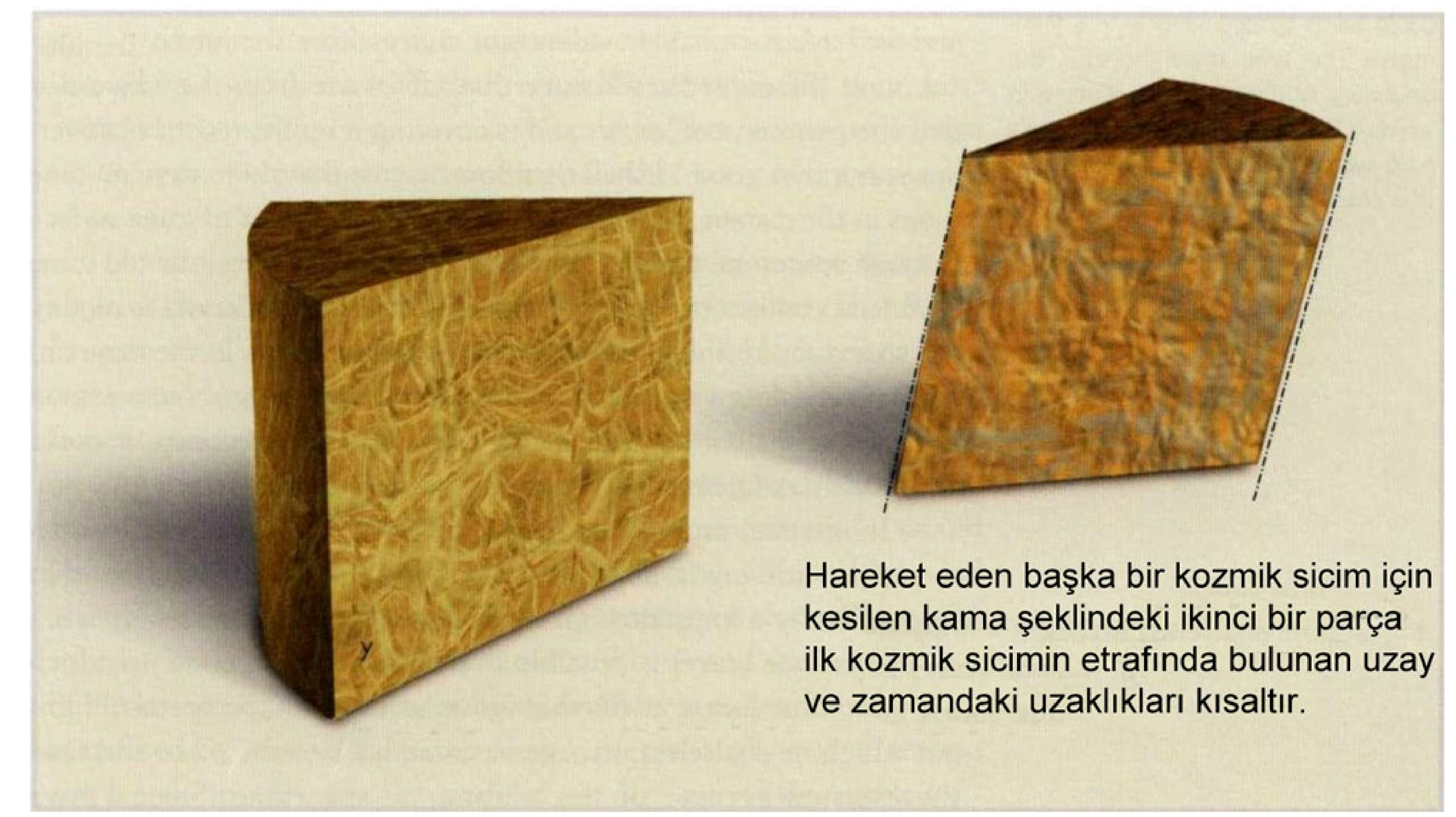


**Şekil 5.5**

Dikkatinizi çekerim, koninin yüzeyi yine düz bir kağıt yaprağı olduğu için, tepe noktası dışında onun "düz" olduğu hâlâ söylenebilir. Tepe noktası etrafında çizilen bir çemberin çevresi, orijinal yuvarlak kağıt yaprağının merkezi etrafında aynı uzaklıkta çizilecek bir çemberin çevresine göre daha kısa olduğu için, tepe noktasında bir eğrilik vardır. Başka bir deyişle, tepe noktası etrafındaki bir çember, eksik parça yüzünden, düz uzay-zamanda bu yarıçapla çizilecek bir çemberden daha kısadır (Şekil 5.6).

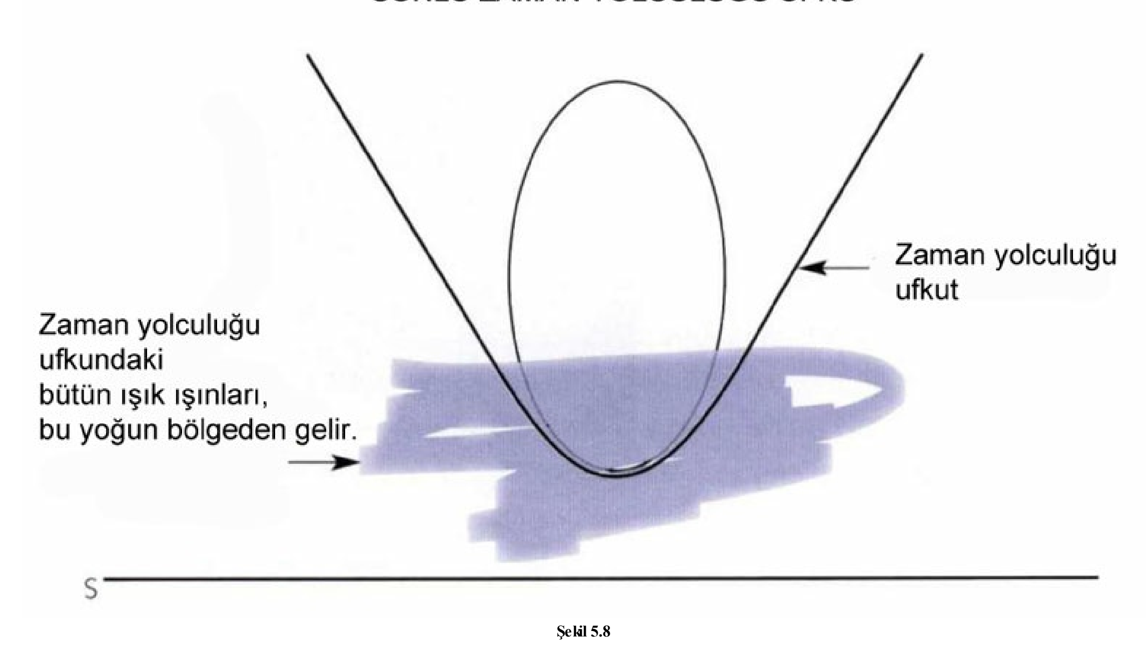



Şekil 5.6




Şekil 5.7

Benzer şekilde; kozmik sicim söz konusu olduğunda, düz uzay-zamandan çıkarılan kama şeklindeki parça, sicim etrafındaki çemberleri kısaltır, ancak sicim boyunca var olan zamanı veya uzaklıkları etkilemez. Yani, tek bir kozmik sicim etrafındaki uzay-zamanda, zaman başlangıca dönmez, bu yüzden de geçmişe gitmek olanaksızdır. Bununla birlikte, ilkine göre hareket eden ikinci bir kozmik sicim var ise, onun zaman doğrultusu, İkincinin zaman ve uzay doğrultularının bir bileşimi olacaktır. Yani; ikinci sicim için kesilen kama şeklindeki parça, ilk sicimle birlikte hareket eden bir kişi tarafından algılanan hem uzaydaki uzaklıkları, hem de zaman aralıklarını kısaltacaktır (Şekil 5.7). Eğer kozmik sicimler birbirine göre ışık hızına yakın bir hızda hareket ediyorsa, her iki sicimin etrafından dolaşarak o kadar çok zaman kazanabilirsiniz ki böylece daha yola çıkmadan geri dönebilirsiniz. Başka bir deyişle, geçmişe gitmek için izleyebileceğiniz zaman döngüleri vardır.




Şekil 5.8

*En gelişmiş uygarlık bile uzay-zamanı, sadece, sonlu bir bölgede bükebilir. Zaman yolculuğu ufku, yani geçmişe gitmenin mümkün olduğu uzay-zaman kısmının, sonlu bölgelerden kaynaklanan ışık ışınları tarafından meydana getirilecektir.*

Kozmik sicim uzay-zamanı, pozitif enerji yoğunluğuna sahip ve bildiğimiz fizik kanunlarıyla tutarlılık gösteren maddeler içerir. Bununla birlikte, zaman döngülerini meydana getiren bükülme, uzayın sonsuzluğuna ve geriye, zamanın sonsuz geçmişine doğru uzanır. Bu nedenle, bu uzay-zamanlar, zaman yolculuğu yapılabilecek şekilde yaratılmıştır. Ne evrenimizin bu şekilde bükülmüş bir biçimde yaratıldığına inanmamız için bir sebep ne de gelecekten gelen ziyaretçiler hakkında inandırıcı bir kanıtımız var. (UFO'ların gelecekten geldiğini ve hükümetin de bunu bildiğini, ancak örtbas ettiğini öne süren komplo teorisini yok sayıyorum. Hükümetin gizlilik konusundaki sicili o kadar da iyi değil.) Bu yüzden, uzak geçmişte veya, daha kesin söylemek gerekirse, uzay-zaman boyunca uzanan, S ile adlandırdığım bir yüzeyin ötesinde, zamanın başa döndüğü hiçbir yolun bulunmadığını varsayacağım. Bu durumda şöyle bir soru sorabiliriz: gelişmiş bir uygarlık zaman makinesi yapabilir mi? Yani, bu uygarlık, sonlu bir bölgede zaman döngüleri görünecek şekilde, S'nin geleceğindeki uzay-zamanı (diyagramdaki S yüzeyinin yukarısını) değiştirebilir mi? Sonlu bir bölge diyorum, çünkü bu uygarlık ne kadar gelişmiş olursa olsun, herhalde evrenin sadece sonlu bir kısmını denetleyebilir.

Bilimde, bir problem için doğru formülü bulmak, problemin çözümü için temeldir, söz ettiğim olgu da bunun iyi bir örneğidir. Sonlu zaman makinesi ile kastedileni tanımlamak için, eski bazı çalışmalarımı yeniden inceledim. Zaman yolculuğu, zaman döngülerinin, yani ışık hızından yavaş hareket eden, ancak uzay-zaman büküldüğü için yine de başladıkları yer ve zamana varan yolların bulunduğu bir uzay-zaman bölgesinde mümkündür. Uzak geçmişte hiçbir zaman döngüsünün olmadığını varsaydığım için, bir zaman yolculuğu "ufku"nun, yani zaman döngüleri içeren bölgeyi onları içermeyen bölgeden ayıran sınırın bulunması gerekir (Şekil 5.8).



Zaman yolculuğu ufku, kara delik ufkuna oldukça benzer. Bir kara delik ufku, kara delik içine düşmeyen ışık ışınlarından oluşurken, bir zaman yolculuğu ufku, kendileriyle birleştikleri sınırdaki ışık ışınlarından meydana gelir. Böylece, bir zaman makinesi için kriter olarak, sonlu şekilde oluşan bir ufku - yani, sınırlı bir bölgeden kaynaklanan ışık ışınları tarafından oluşturulan bir ufku - kabul ederim. Başka bir deyişle, bu ışık ışınları sonsuzluktan veya bir tekillikten değil, zaman döngüleri içeren sonlu bir bölgeden - sözü geçen gelişmiş uygarlığın yaratacağını varsaydığımız tipteki bölgeden - kaynaklanır.



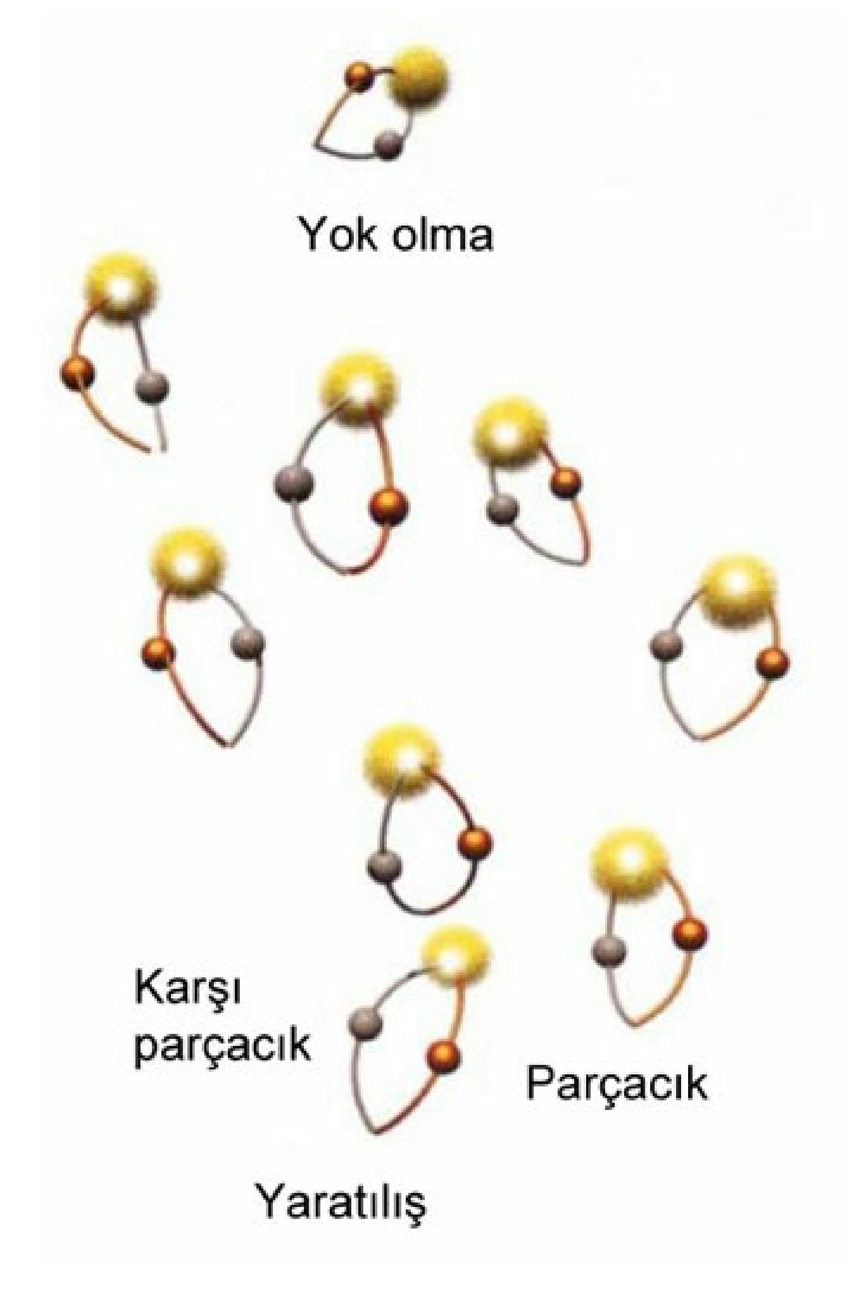
**Şekil 5.9**
Zaman yolculuğu tehlikesi

Bu tanımlamayı bir zaman makinesinin kanıtı olarak benimserken, Roger Penrose ve benim, tekillikler ve kara delikler üzerinde çalışırken geliştirdiğimiz mekanizmayı kullanabiliriz. Einstein'ın eşitliklerini kullanmadan bile, genel olarak, sonlu biçimde oluşturulmuş ufkun kendisiyle birleşen - yani aynı noktaya tekrar tekrar varan - bir ışık ışını içereceğini gösterebilirim. Işık dönerek başladığı yere her varışında, daha da maviye kayacak, bu yüzden görüntüler de gittikçe mavileşecektir. Bir ışık sinyalinin dalga tepeleri gittikçe birbirine yaklaşacak ve ışık, kendi zamanı içerisinde gittikçe daha kısa sürelerde dönüp başladığı yere varacaktır. Bir ışık taneciği, sonlu bir bölgede dönüp dursa ve bir eğrilik tekilliğine çarpmasa bile, kendi zaman ölçüsü ile de tanımlandığı gibi, aslında sadece sonlu bir geçmişe sahip olacaktır. Bu durumda şöyle bir soru sorabiliriz: *Gelişmiş bir uygarlık, zaman makinesi yapabilir mi?*

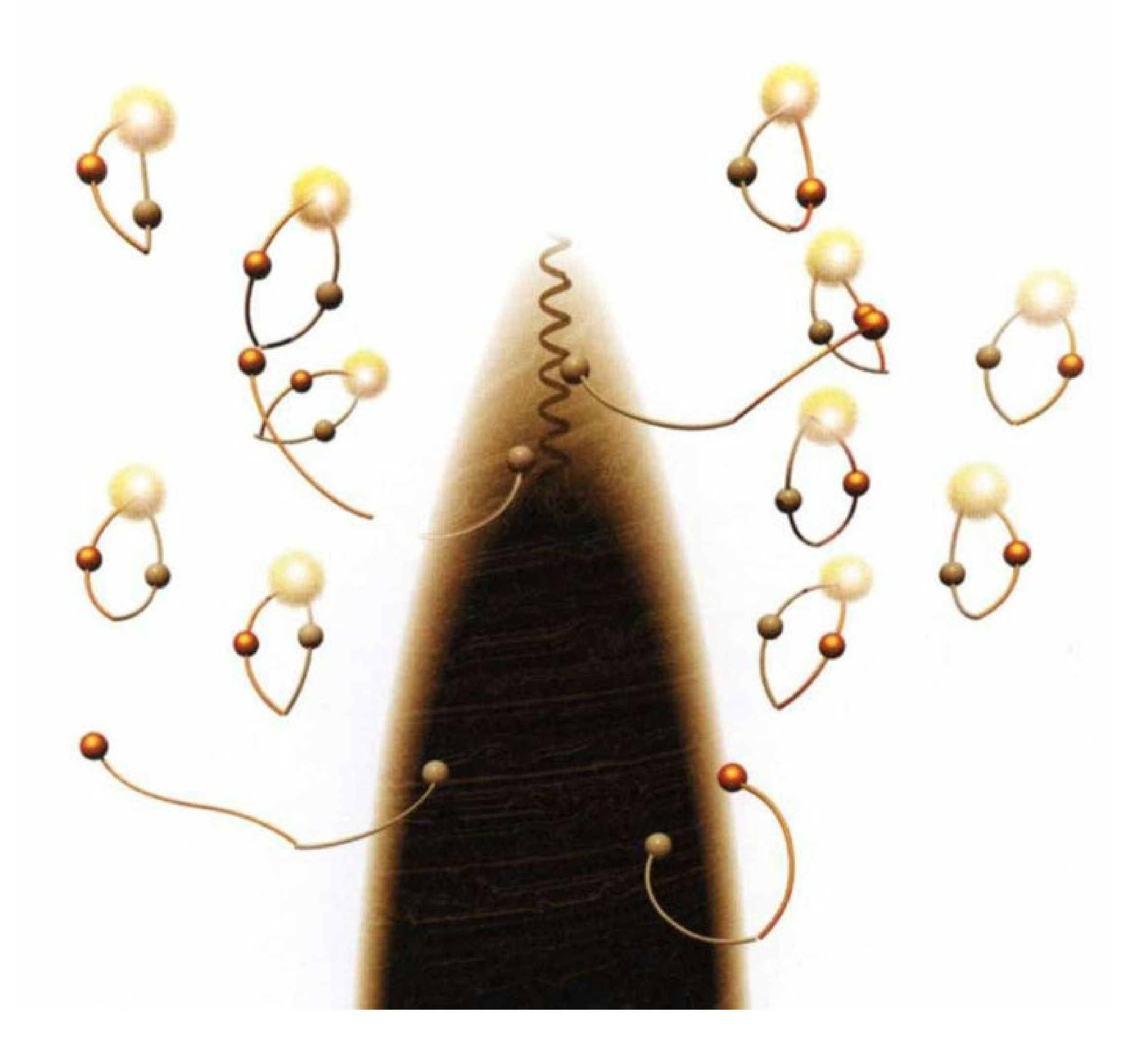
Bir taneciğin, geçmişini sonlu bir zamanda tamamlayıp tamamlamadığına aldırmayabilirsiniz. Ancak, sadece sonlu bir süreye sahip, ışık hızından yavaş hareket eden yolların var olacağını da kanıtlayabilirim. Bunlar, ufkun önündeki sonlu bir bölgeye hapis olacak ve sonlu bir süre içinde ışık hızına ulaşıncaya kadar gittikçe hızlanarak dönüp duracak gözlemcilerin geçmişleri olabilir. Bu yüzden, bir uçandairedeki dişi ve güzel bir uzaylı, sizi zaman makinesine davet ederse, dikkatli olun. Sonlu bir süreye sahip, hapsedilmiş, tekrar eden geçmişlerden birine düşebilirsiniz (Şekil 5.9).

Bu sonuçlar Einstein'ın eşitliklerine değil, sadece uzay-zamanın sonlu bir bölgede zaman döngüleri oluşturmak üzere bükülme şekline bağlıdır. Bununla birlikte, şimdi de, gelişmiş bir uygarlığın, sonlu boyuta sahip bir zaman makinesi yaparak uzay-zamanı bükmek için ne tür bir madde kullanacağını sorabiliriz. Acaba bu madde, daha önce de açıkladığım kozmik sicim uzay-zamanında da olduğu gibi, her yerde pozitif enerji yoğunluğuna sahip olabilir mi? Kozmik sicim uzay-zamanı, zaman döngülerinin sonlu bir bölgede belirmesi şartımı karşılamıyordu. Bununla birlikte, bunun sebebi olarak kozmik sicimlerin sonsuz uzunlukta olmasını düşünebilirsiniz. Sonlu kozmik sicim ilmekleri kullanan ve her yerde pozitif enerji yoğunluğuna sahip bir zaman makinesinin yapılabileceğini sanabilirsiniz. Tıpkı Kip gibi, geçmişe dönmek isteyen insanlar, ne yazık ki hayal kırıklığına uğrayacak. Çünkü; her yerde pozitif enerji yoğunluğu bulunursa, zaman makinesi yapılamaz. Sonlu bir zaman makinesi yapmak için, negatif enerji gerekeceğini de kanıtlayabilirim.

Enerji yoğunluğu klasik teoride her zaman pozitiftir. Bu yüzden, sonlu boyuttaki zaman makineleri bu aşamada bir kenara atılmalıdır. Bununla birlikte, yarı-klasik kuramda durum farklıdır, burada maddenin kuantum kuramına göre davrandığı, ancak uzay-zamanın iyi bir şekilde tanımlandığı düşünülür. Kuantum kuramının belirsizlik ilkesi, daha önce de gördüğümüz gibi, alanların, boş görünen uzayda bile titreştiğini ve sonsuz bir enerji yoğunluğuna sahip olduğunu kasteder. Bu yüzden, evrende gözlemlediğimiz sonlu enerji yoğunluğunu elde etmek için, sonsuz bir niceliğin eksiltilmesi gerekir. Bu eksiltme işlemi, enerji yoğunluğunu, en azından yerel olarak, negatif yapabilir. Düz uzayda bile, toplam enerjinin pozitif olmasına rağmen enerji yoğunluğunun yerel biçimde negatif olduğu kuantum durumları bulunabilir. Bu negatif değerlerin, sonlu bir zaman makinesi yapmak için, uzay-zamanın uygun bir şekilde bükülmesine gerçekten de neden olup olmadığını sorgulayabilirsiniz. Ancak öyle görünüyor ki, neden olmalıdırlar. Kuantum titreşimleri, Bölüm 4'te de gördüğümüz gibi, boş görünen uzayın bile aslında, bir noktada beliren, birbirinden uzaklaşan ve birbirini yok eden sanal parçacık çiftleriyle dolu olduğu söylenebilir (Şekil 5.10). Sanal parçacık çiftinin biri pozitif, diğeri ise negatif enerjiye sahip olacaktır. Bir kara delik var olduğunda, negatif enerjili parçacık kara deliğin içine düşerken, pozitif enerjili parçacık sonsuzluğa doğru uzaklaşabilir; pozitif enerjili parçacık sonsuzlukta pozitif enerjiyi kara delikten uzaklaştıran radyasyon şeklinde görülür. Kara deliğe düşen negatif enerjili parçacıklar, kara deliğin kütle kaybedip yavaşça buharlaşmasına ve ufkunun küçülmesine neden olur (Şekil 5.11).




**Şekil 5.10**



**Şekil 5.11**

Pozitif enerji yoğunluğuna sahip sıradan maddeler çekici bir kütle çekim etkisine sahiptir ve - tıpkı Bölüm 2'de bahsettiğimiz kauçuk yaprak üzerindeki kürenin, küçük bilyelerin hiçbir zaman kendinden uzaklaşmayacak, hep ona yakınlaşacak biçimde eğri çizmesine neden olması gibi - ışık ışınları birbirine doğru eğilecek şekilde uzay-zamanı büker.

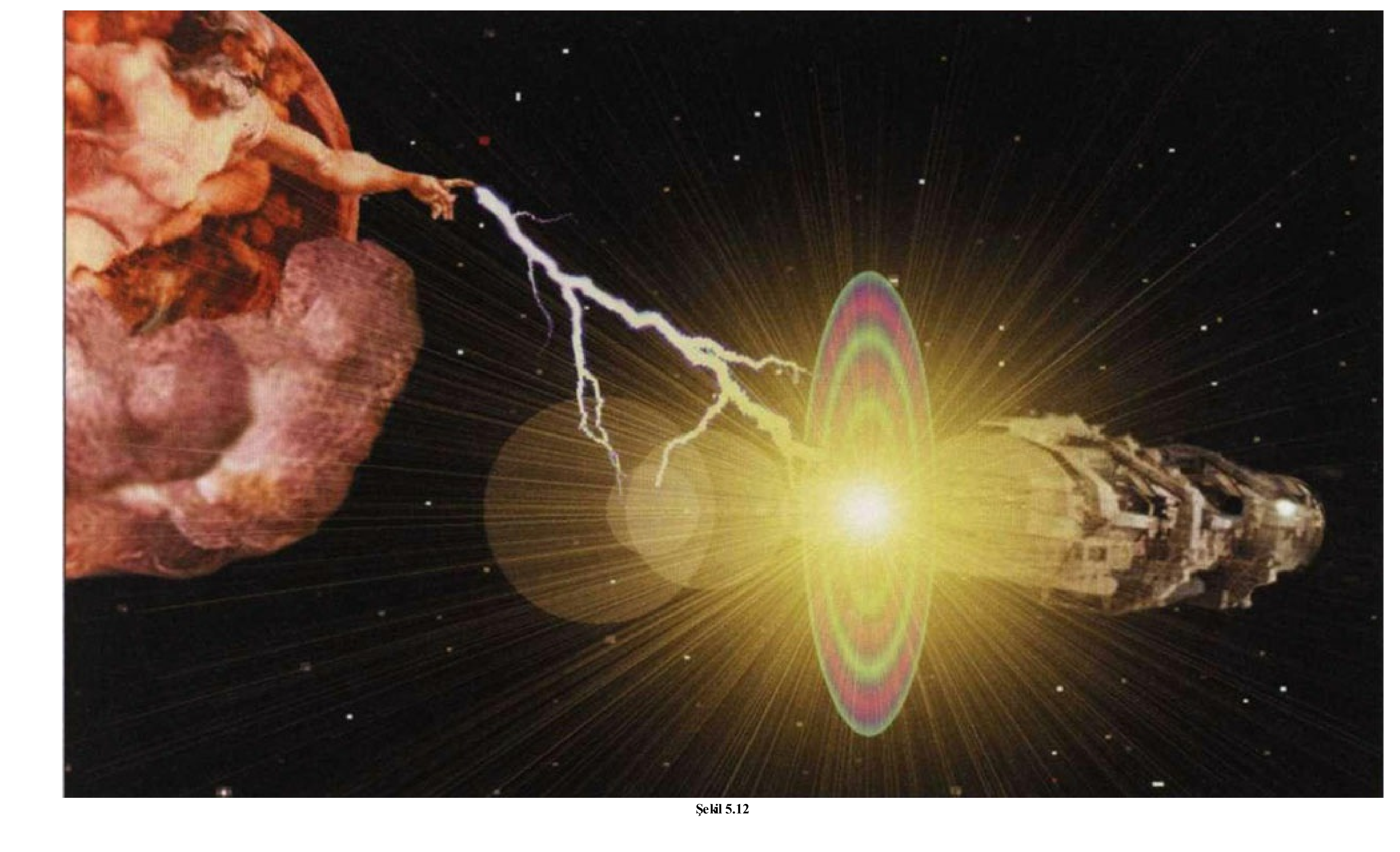
Bu durum, bir kara delik ufkunun alanının zaman içinde sadece artabileceğini, hiçbir zaman küçülmeyeceğini ima eder. Bir kara delik ufkunun boyutunun küçülmesi için, ufuktaki enerji yoğunluğu negatif olmalı ve ışık ışınlarını birbirinden uzaklaştıracak şekilde uzay-zamanı bükmelidir. Bunu ilk defa, kızımın doğumundan hemen sonra yatağa girerken fark ettim. Bunun ne kadar zaman önce olduğunu söylemeyeceğim, ama bilin ki artık bir torunum var.



Torunum
*William Mackenzie Smith.*

Kara deliklerin buharlaşması, enerji yoğunluğunun kuantum düzeyinde bazen negatif olabileceğini ve uzay-zamanı, bir zaman makinesi yapmak için gereken yönde bükebileceğini gösterir. Bu yüzden; son derece gelişmiş bir uygarlığın, uzay gemisi gibi makroskobik nesneler tarafından kullanılabilecek bir zaman makinesi yapmak için düzenlemeler yapabileceğini düşünebiliriz. Bununla birlikte, ilerlemeye devam eden ışık ışınları tarafından oluşturulan bir kara delik ufku ile başladığı yere sürekli dönen ışık ışınları içeren bir zaman makinesi ufku arasında önemli bir fark vardır. Başladığı yere dönen böyle bir yol üzerinde hareket eden sanal bir parçacığın taban durum enerjisi, tekrar tekrar aynı noktaya gelecektir. Bu nedenle, enerji yoğunluğunun ufuk — yani, geçmişe gidilebilecek bölge olan makinenin sınırı - üzerinde sonsuz olması beklenir. Bu durum, kesin hesaplamalar yapmak için yeterince basit olan birkaç fonda gerçekleştirilen belirgin hesaplamalarla doğrulanmıştır. Yani, zaman makinesine binmek için ufkun öbür tarafına geçmeye çalışan bir kişi veya uzay sondası, bir radyasyon yıldırımı tarafından yok edilecektir (Şekil 5.12). Bu yüzden, gelecek, zaman yolculuğu için karanlık görünür, yoksa kör edecek kadar aydınlık mı demeliyim?

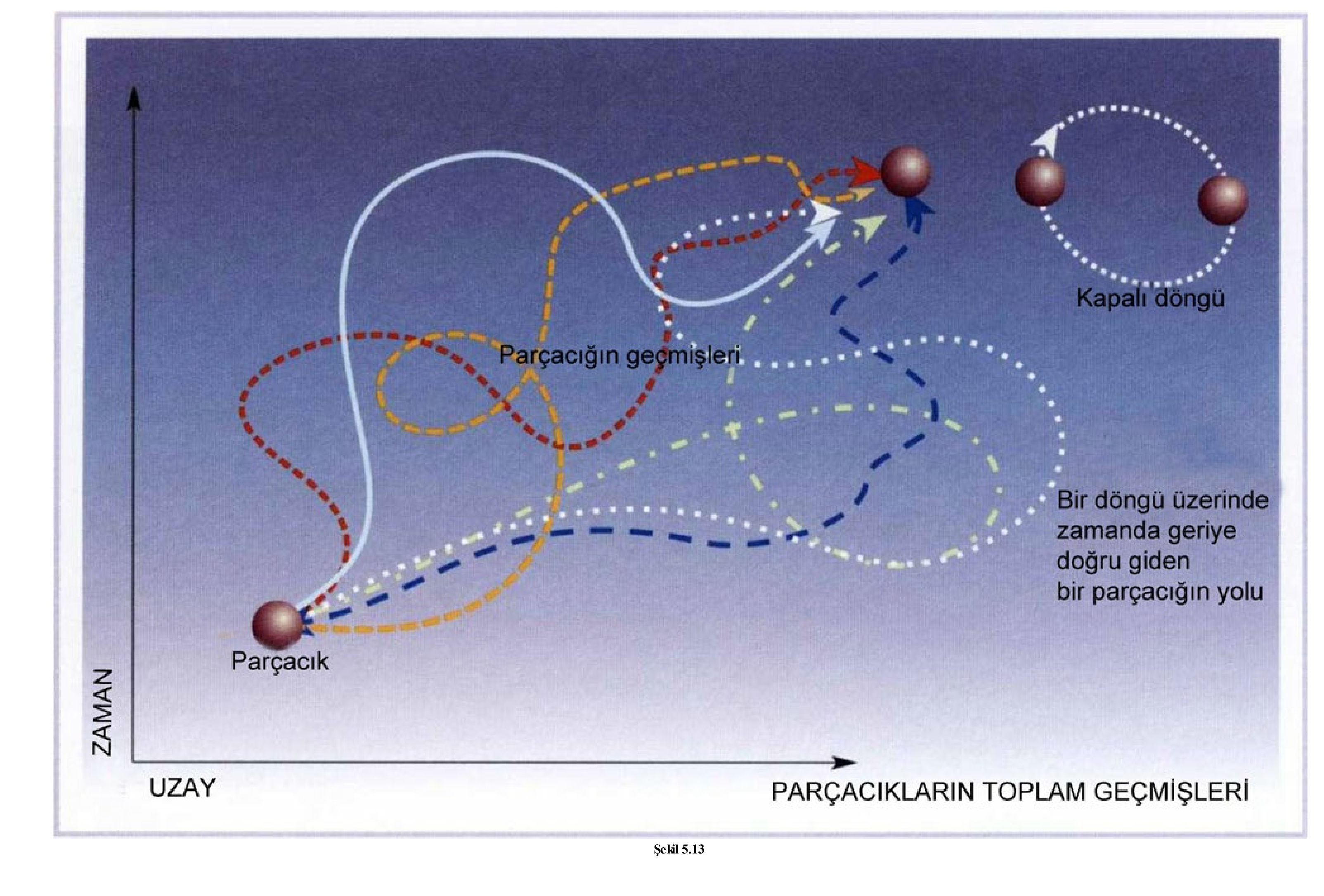
Maddenin enerji yoğunluğu, içinde bulunduğu duruma bağlıdır, bu yüzden gelişmiş bir uygarlığın, kapalı bir döngüde sürekli dönen sanal parçacıkları "dondurarak" veya ortadan kaldırarak, zaman makinesinin sınırındaki enerji yoğunluğunu sonlu bir hale getirmesi mümkündür. Bununla birlikte, böyle bir zaman makinesinin kararlı olup olmayacağı belirgin değildir: örneğin zaman makinesine binmek için ufkun öbür tarafına geçen bir kişinin yapacağı en küçük bir karışıklık, dönen sanal parçacıklar salabilir ve bir yıldırıma neden olabilir. Bu, fizikçilerin alay konusu olmadan, rahatça tartışabilmesi gereken bir sorudur. Zaman yolculuğunun olanaksızlığı ortaya çıksa bile, neden böyle olduğunu anlamamız önemlidir.



Şekil 5.12

*Bir kişi, zaman yolculuğu ufkunun öteki tarafına geçerken, bir radyasyon yıldırımı tarafından ortadan kaldırılabilir.*

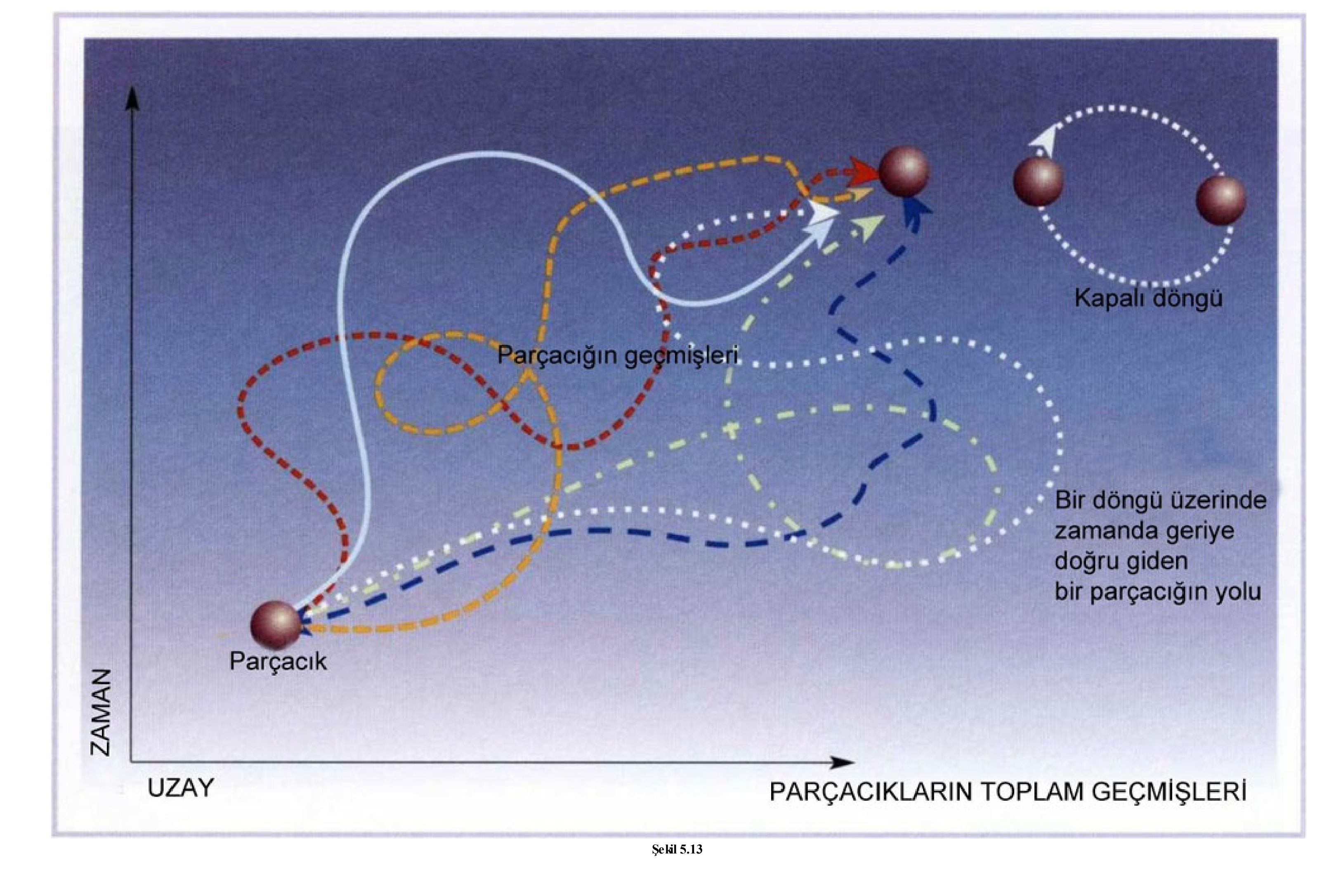
Bu soruya kesin bir cevap vermek için; sadece madde alanlarını değil, uzay-zamanın kuantum titreşimlerini de gözönünde bulundurmamız gerekir. Bunların, ışık ışınlarının yollarında ve zamanın düzeni kavramında kesin bir belirsizliğe neden olacağı beklenebilir. Aslında, uzay-zamanın kuantum titreşimleri ufkun tam olarak tanımlanmadığı anlamına geldiği için, kara deliklerden kaynaklanan radyasyon bir sızıntı şeklinde düşünülebilir. Eksiksiz bir kuantum kütle çekimi kuramına henüz sahip olmadığımızdan, uzay-zaman titreşimlerinin yapacağı etkileri söylemek zordur. Yine de, Bölüm 3'te açıkladığımız Feynman'ın geçmişler toplamından birtakım belirtiler elde etmeyi umabiliriz.




Şekil 5.13

*Feynman'ın geçmişler toplamı, parçacıkların zamanda geriye gittiği geçmişlen, hatta zaman ve uzaydaki kapalı döngüler şeklindeki geçmişleri bile kapsamalıdır.*

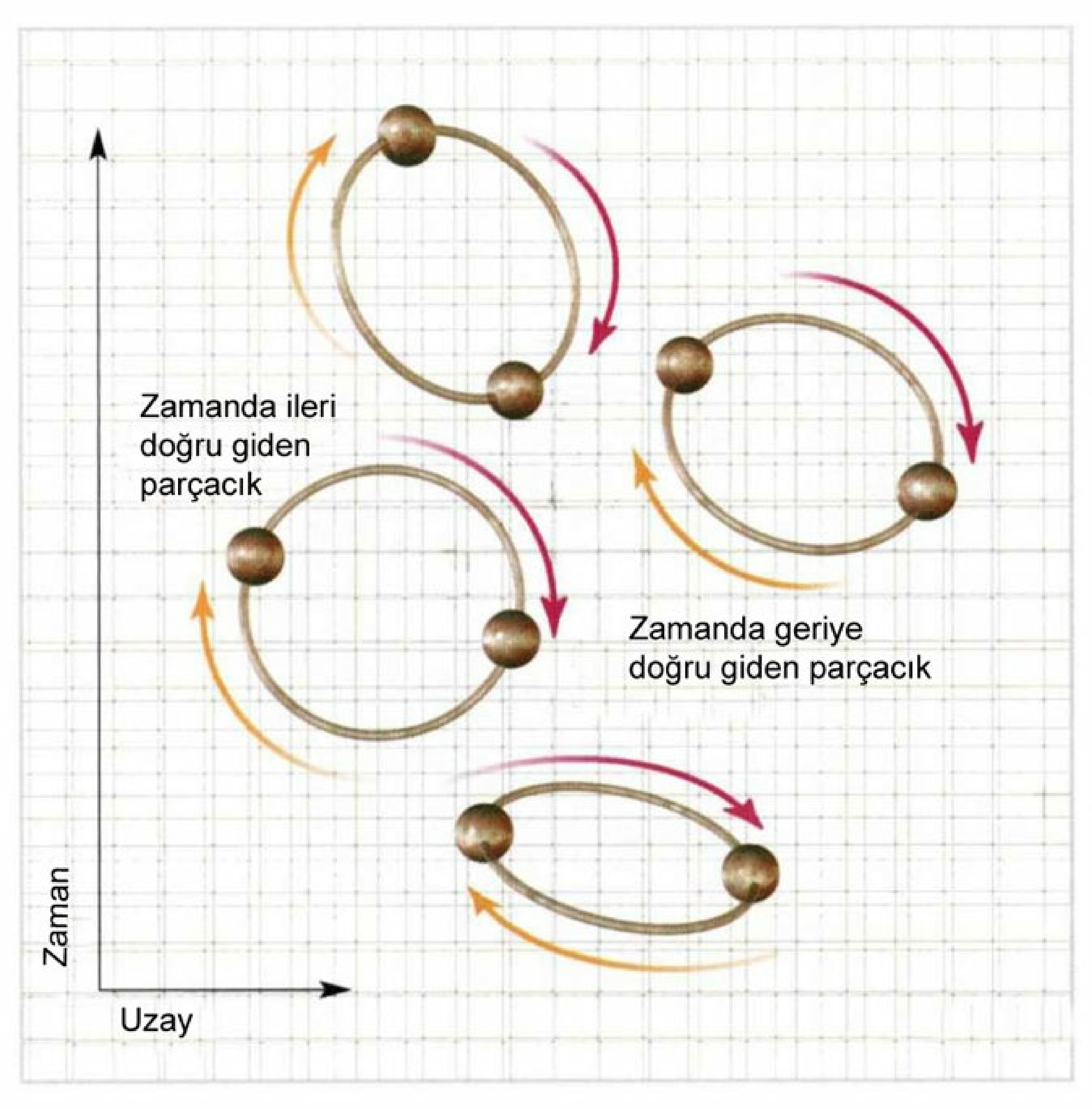
Her bir geçmiş, içinde madde alanlarının bulunduğu, eğri bir uzay-zaman olacaktır. Sadece bazı eşitliklerle tutarlılık gösterenleri değil, bütün geçmişleri topladığımız için, bu toplam, geçmişe yolculuk için yeterince bükülmüş uzay-zamanları da kapsamalıdır (Şekil 5.13). Böylece, şu soruyu sorabiliriz: zaman yolculuğu neden her yerde gerçekleşmiyor? Bunun cevabı; zaman yolculuğunun, aslında makroskobik bir ölçekte gerçekleşmesi. Ancak, onu fark etmememizdir. Eğer Feynman'ın geçmişleri toplama fikri bir parçacığa uygulanırsa, bu parçacığın ışıktan hızlı ilerlediği, hatta zamanda geriye doğru gittiği geçmişler de dahil edilmelidir. Özellikle de, bu parçacığın uzay-zamandaki kapalı döngüler üzerinde dönüp durduğu geçmişler bulunacaktır. Bu durum, bir muhabirin tekrar tekrar aynı günü yaşamak zorunda kaldığı Bugün Aslında Dündü (Groundhog Day) filmine benzeyecektir (Şekil 5.14).



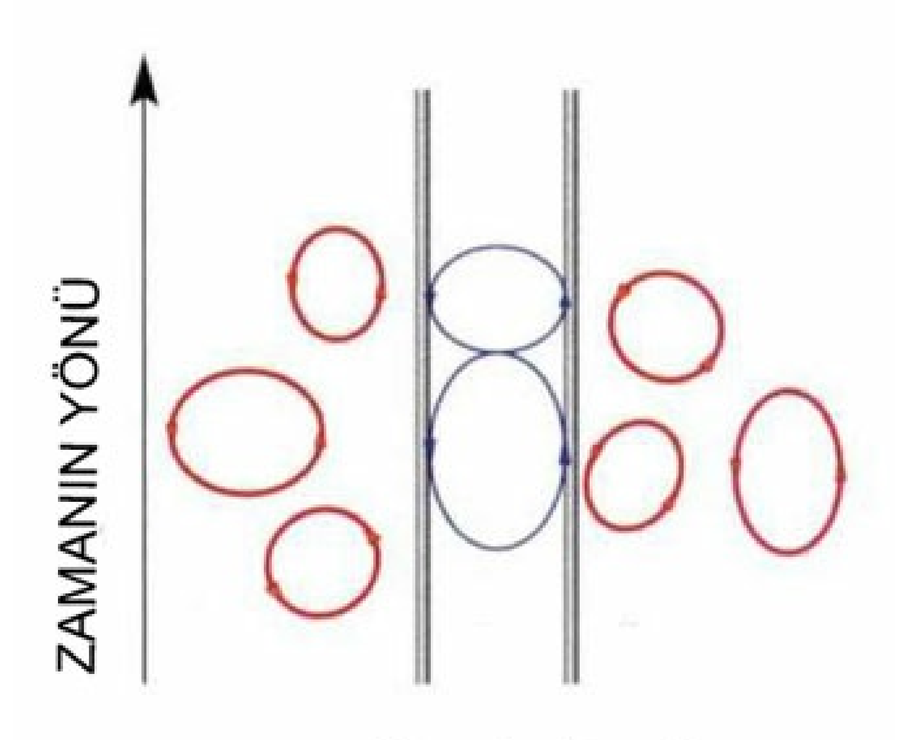

Şekil 5.13

*Feynman'ın geçmişler toplamı, parçacıkların zamanda geriye gittiği geçmişlen, hatta zaman ve uzaydaki kapalı döngüler şeklindeki geçmişleri bile kapsamalıdır.*

Başa dönen geçmişlere sahip parçacıklar, belirli bir detektör ile gözlemlenemez. Bununla birlikte, bu parçacıkların dolaylı etkileri, bir dizi deneyde ölçülmüştür. Bu etkilerden biri, kapalı döngülerde hareket eden elektronların neden olduğu, hidrojen atomlarından kaynaklanan ışıktaki, küçük, bir kaymadır. Bir diğeri ise; paralel metal plakalar arasındaki küçük kuvvettir. Buna, dışarıdaki bölgeyle kıyaslandığında, plakaların arasına sığabilen daha az sayıda başa dönen geçmişin bulunması neden olur. Bu durum, Casimir etkisinin başka bir yorumudur. Böylece, başa dönen geçmişlerin varlığı deneysel olarak doğrulanmıştır (Şekil 5.15).

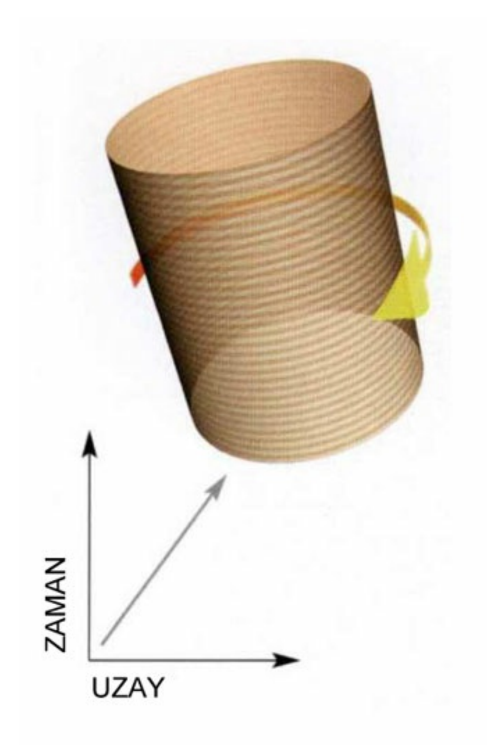

Zamanda ileri
doğru giden
parçacık
Zamanda geriye
doğru giden parçacık
Zaman
Uzay

Şekil 5.14




Şekil 5.15

Başa dönen tanecik geçmişlerinin, uzay-zamanın bükülmesi ile bir ilintisinin olup olmadığı tartışılabilir. Çünkü, onlarla, düz uzay gibi sabit fonlarda bile karşılaşılır. Ancak son yıllarda, fizikteki olguların ikili, eşit derecede geçerli açıklamalarının olduğunu keşfettik. Bir parçacığın, sabit bir fondaki kapalı bir döngüde hareket ettiği veya parçacığın sabit durup uzay ve zamanın onun etrafında titreştiği eşit bir şekilde söylenebilir. Bu sadece, önce parçacık yolları sonra da eğri uzay zamanlarını, veya önce eğri uzay zamanları sonra da parçacık yollarını toplamanıza bağlıdır.




**Şekil 5.16**
*Einstein evreni; bir silindire*

Bu nedenle, kuantum kuramı, zaman yolculuğuna mikroskobik ölçekte olanak tanıyormuş gibi görünür. Bununla birlikte; bu durum, geri gidip büyükbabanızı öldürmek gibi bilimkurgusal amaçlar için pek faydalı değildir. Bu yüzden de; şu soruyu sorabiliriz, geçmişlerin toplamındaki olasılık dağılımı, makroskobik zaman döngülerine sahip uzay-zamanlar etrafında bir tepe noktası yapabilir mi?

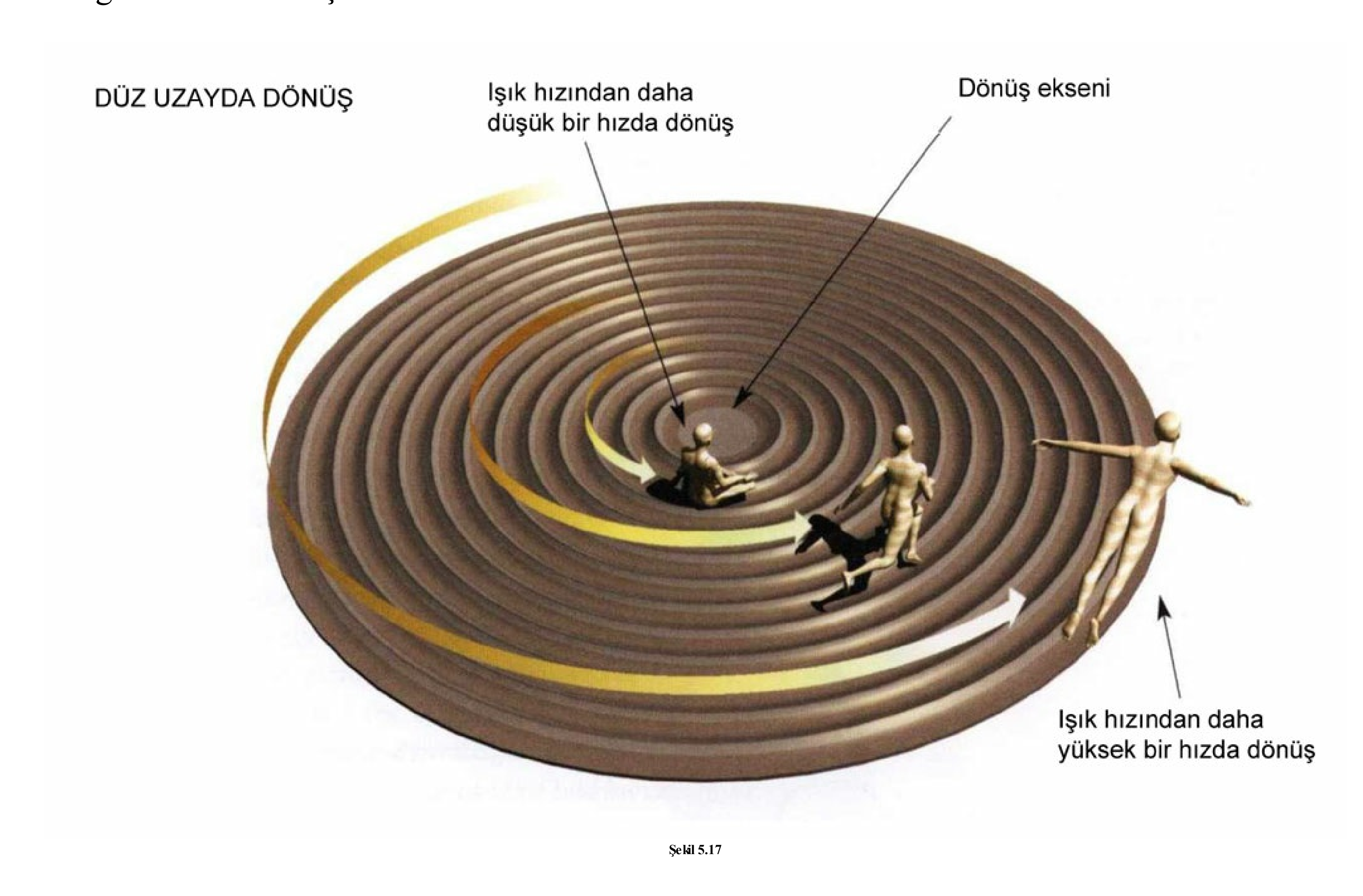
Bu soru, zaman döngülerine gittikçe daha fazla olanak tanıyan bir dizi uzay-zaman fonundaki madde alanlarının geçmişler toplamı incelenerek çözülmeye çalışılabilir. Zaman döngüleri ilk ortaya çıktığında, önemli bir şeyin gerçekleşmesi beklenecektir, üstelik bu durum, öğrencim Michael Cassidy ile birlikte, üzerinde çalıştığım bir örnekle doğrulanmıştır.

Üzerinde çalıştığımız dizideki uzay-zaman fonları, Einstein evreniyle, yani Einstein'ın, evrenin durağan olduğuna ve zamanla değişmediğine, ne genişlediğine ne de büzüldüğüne inandığı

*benzer, uzay içinde sonlu ve zaman içinde sabittir. Sonlu boyutu nedeniyle, her yerde ışık hızından düşük bir hızda dönebilir.*

dönemde öne sürdüğü uzay-zaman ile yakından ilişkiliydi (bakınız Bölüm 1). Einstein evrenindeki zaman, sonsuz geçmişten sonsuz geleceğe doğru akar. Bununla birlikte, uzay doğrultuları sonludur ve tıpkı Dünya'nın yüzeyi gibi kendi üstlerine kapanır. Ancak, fazladan bir boyuta sahiptir. Bu uzay-zamanı, uzun ekseninin zamanı, kesitinin de üç uzay doğrultusunu gösterdiği bir silindir şeklinde canlandırabiliriz. (Şekil 5.16).

Einstein evreni, içinde yaşadığımız evreni temsil etmez; çünkü, genişlemez. Bu, yine de, zaman yolculuğunu ele alırken kullanmak üzere elverişli bir fondur. Çünkü, geçmişlerin toplanabileceği kadar basittir. Bir an için zaman yolculuğunu unutun ve bir eksen etrafında dönen Einstein evrenindeki maddeyi gözünüzün önünde canlandırın. Eğer bu eksen üzerinde durursanız, tıpkı bir atlıkarıncanın merkezinde dikilmeniz gibi, uzayın aynı noktasında kalabilirsiniz. Ancak eksenin üzerinde değilseniz, eksen etrafında dönerken uzayda hareket edersiniz. Eksenden ne kadar uzakta olursanız, o kadar hızlı hareket edersiniz (Şekil 5.17). Yani, evren uzay içinde sonsuz olsaydı, eksenden yeterince uzaktaki noktalar ışık hızından daha büyük bir hızda dönecekti. Bununla birlikte, Einstein evreni uzay doğrultularında sonlu olduğu için, evrenin hiçbir kısmının ışık hızından daha büyük bir hızda dönmediği kritik bir dönüş hızı vardır.

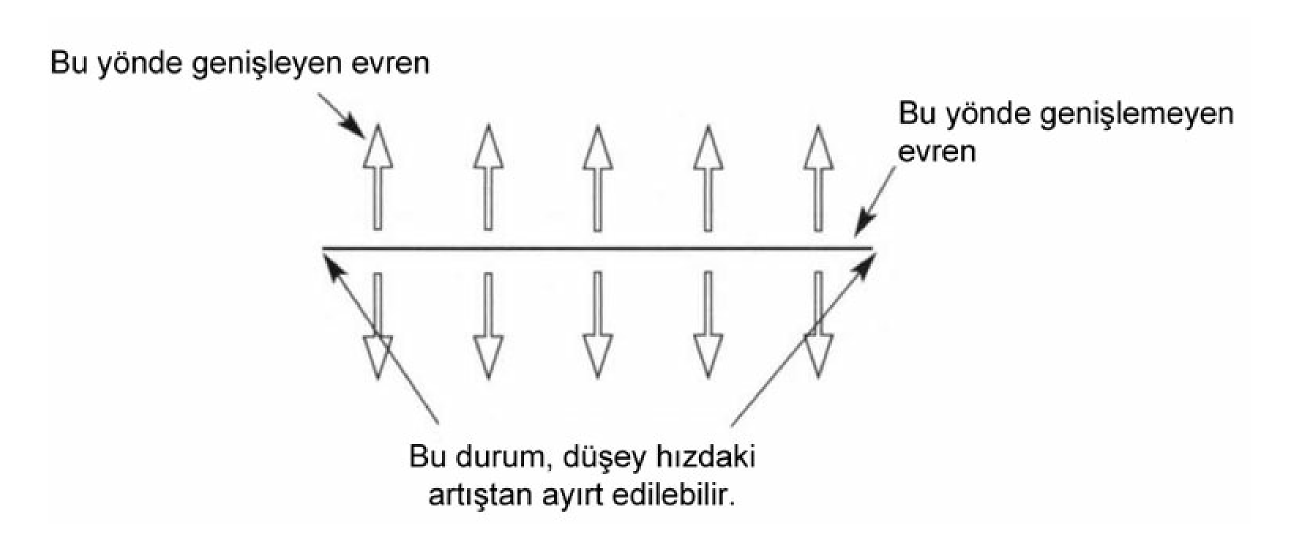



Şekil 5.17

*Düz uzay-zamandaki sabit bir dönüşün hızı, eksenden uzakta, ışık hızından yüksek olacaktır.*

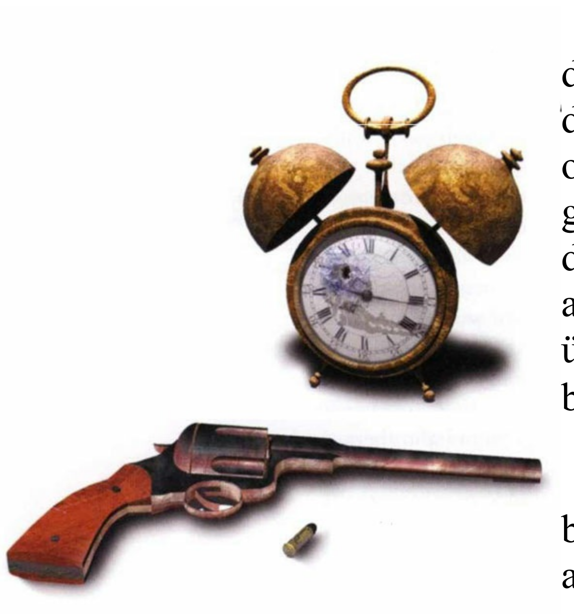
Şimdi de, dönen bir Einstein evrenindeki toplam tanecik geçmişlerini düşünün. Dönüş yavaş olduğunda, bir taneciğin belirli bir enerji miktarını kullanarak izleyebileceği birçok yol vardır. Bu yüzden, bu fondaki bütün taneciklerin geçmişlerinin toplamı büyük bir genliktedir. Yani, bu fonun

bütün eğri uzay-zaman geçmişler toplamındaki olasılığı yüksek olacaktır; başka bir deyişle, bu fon, daha olası geçmişler arasındadır. Bununla birlikte, Einstein evreninin dönüş hızı, dış kenarları ışık hızına yaklaşacak bir hızda hareket edecek kadar kritik değere yaklaştığında, bu kenarda olanak tanınan tek bir tanecik yolu vardır, o da ışık hızında hareket edendir. Başka bir deyişle, taneciklerin toplam geçmişi küçük olacaktır. Bu yüzden bu fonların bütün eğri uzay-zaman geçmişler toplamındaki olasılığı düşük olacaktır. Yani bunlar en az olasılığa sahiptir.




**Şekil 5.18**

*Zaman-benzeri kapalı eğrilere sahip fon*



Peki; dönen Einstein evrenlerinin, zaman yolculuğu ve zaman döngüleriyle ne ilişkisi var? Bunun cevabı, onların, zaman döngüsüne olanak tanıyan diğer fonlarla matematiksel açıdan denk olmasıdır. Söz konusu diğer fonlar, iki uzay doğrultusunda genişleyen evrenlerdir. Bu evrenler, periyodik olan üçüncü doğrultuda genişlemez. Yani, bu doğrultuda belirli bir yol alırsanız, başladığınız yere geri dönersiniz. Bununla birlikte, bu üçüncü uzay doğrultusunun çevrimini her tamamlayışınızda, birinci veya ikinci doğrultudaki hızınız artar (Şekil 5.18).

Eğer artış küçükse, zaman döngüleri oluşmaz. Bununla birlikte, hızları artan bir dizi fon düşünün. Belirli, kritik bir artışta, zamanın başa döndüğü yollar belirecektir. Bu kritik artışın, Einstein evrenlerinin kritik dönüş hızına karşılık gelmesi hiç de şaşırtıcı değildir. Fondaki geçmişlerin toplamı ile ilgili hesaplar, matematiksel açıdan denk olduğu için, bu fonlar zaman döngülerinin belirmesi için gereken bükülmeye yaklaştıkça, fonların olasılığının sıfıra ulaştığı sonucuna varılabilir. Başka bir deyişle, bir zaman makinesi için yeterli bükülmenin bulunma olasılığı sıfırdır. Bu durum, Kronolojinin Korunma Tahmini'ni (Chronology Protection Conjecture) destekler; fizik kanunları, makroskobik nesneler tarafından gerçekleştirilecek zaman yolculuğunu engellemek için birleşmektedir.

Her ne kadar geçmişlerin toplamı, zaman döngülerine olanak tanısa bile, olasılığı son derece düşüktür. Daha önce de söz ettiğim ikililik düşüncesini temel alarak, Kip Thorne'un geriye dönüp

büyük babasını öldürme olasılığının on ve ardından bir trilyon trilyon trilyon trilyon trilyon sıfırda birden az olduğunu tahmin ediyorum.



*Kip'in geriye dönüp büyükbabasını öldürme olasılığı* $1/(10^{10^{60}})$*'tır. Başka bir deyişle, on ve ardından bir trilyon trilyon trilyon trilyon sıfırda birden düşüktür.*

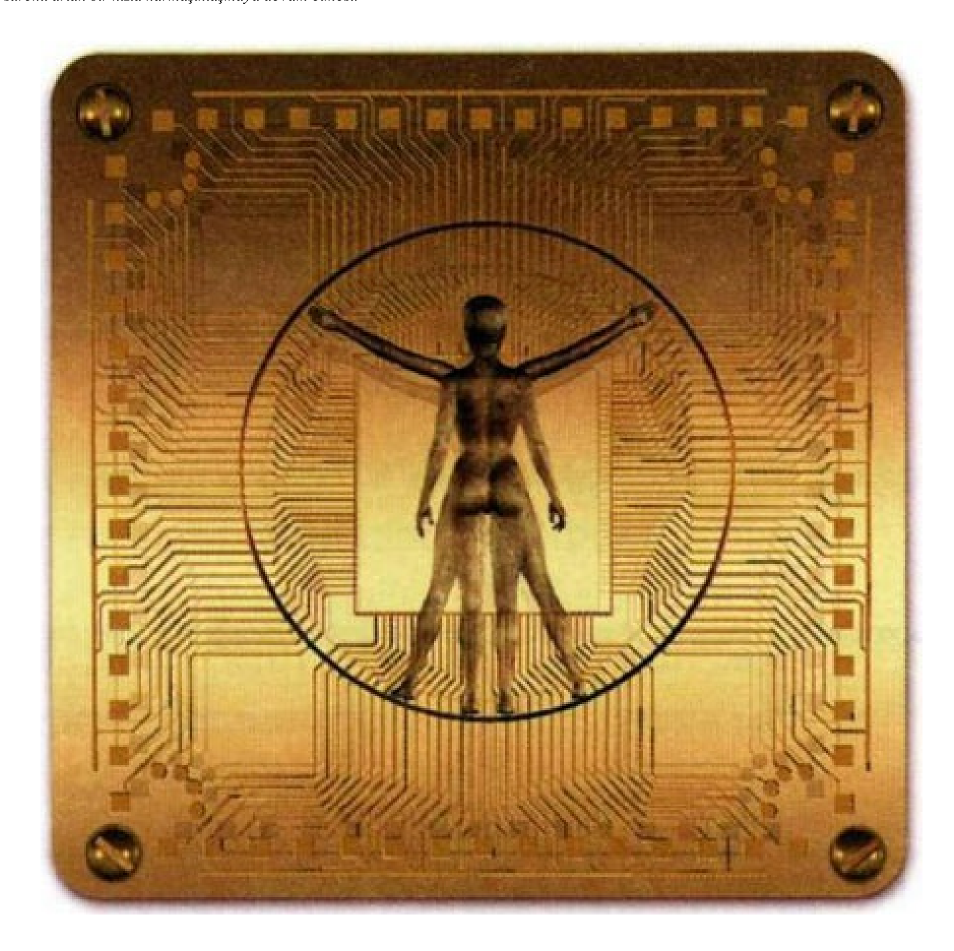
Bu oldukça küçük bir olasılık, ancak Kip'in resmine yakından bakarsanız, kenarların etrafında ufak bir bulanıklık görebilirsiniz. Bu durum, şu zayıf olasılığa karşılık gelir; gelecekten, herifin biri, geri dönüp Kipin büyükbabasını öldürmüştür, bu yüzden de Kip gerçekte orada değildir. Kumarbaz insanlar olarak, buna benzer olasılıklar üzerine bahse girerdik. Problem şu ki, birbirimize karşı bahse giremeyiz, çünkü artık aynı taraftayız. Buna karşın, ben başka kimseyle de bahse tutuşmazdım. Çünkü; gelecekten gelmiş ve zamanda yolculuğun gerçekleşeceğini biliyor olabilirdi!..

Bu bölümün, hükümetin zaman yolculuğu hakkındaki örtbaslarından biri olup olmadığını merak edebilir ve üstelik haklı da olabilirsiniz!!!

# Bölüm 6

GELECEĞİMİZ NEDİR?
UZAY YOLU MU, YOKSA DEĞİL Mİ?

*Biyolojik ve elektronik yaşamın sürekli artan bir hızla karmaşıklaşmaya devam etmesi.*





Eski Taş Çağı (ölçümsüz)
Taş Çağıt
Yeni Taş Çağı
Bronz Çağı
Demir Çağı
Hıristiyanlığın Başlangıcı
Orta çağlar
Modern çağ

6
5
4
3
2
1

İ.Ö 8000
İ.Ö 7000
İ.Ö 6000
İ.Ö 5000
İ.Ö 4000
İ.Ö 3000
İ.Ö 2000
İ.Ö 1000
0
İ.S 1000
İ.S 2000

**Şekil 6.1**

*Nüfus artışı*



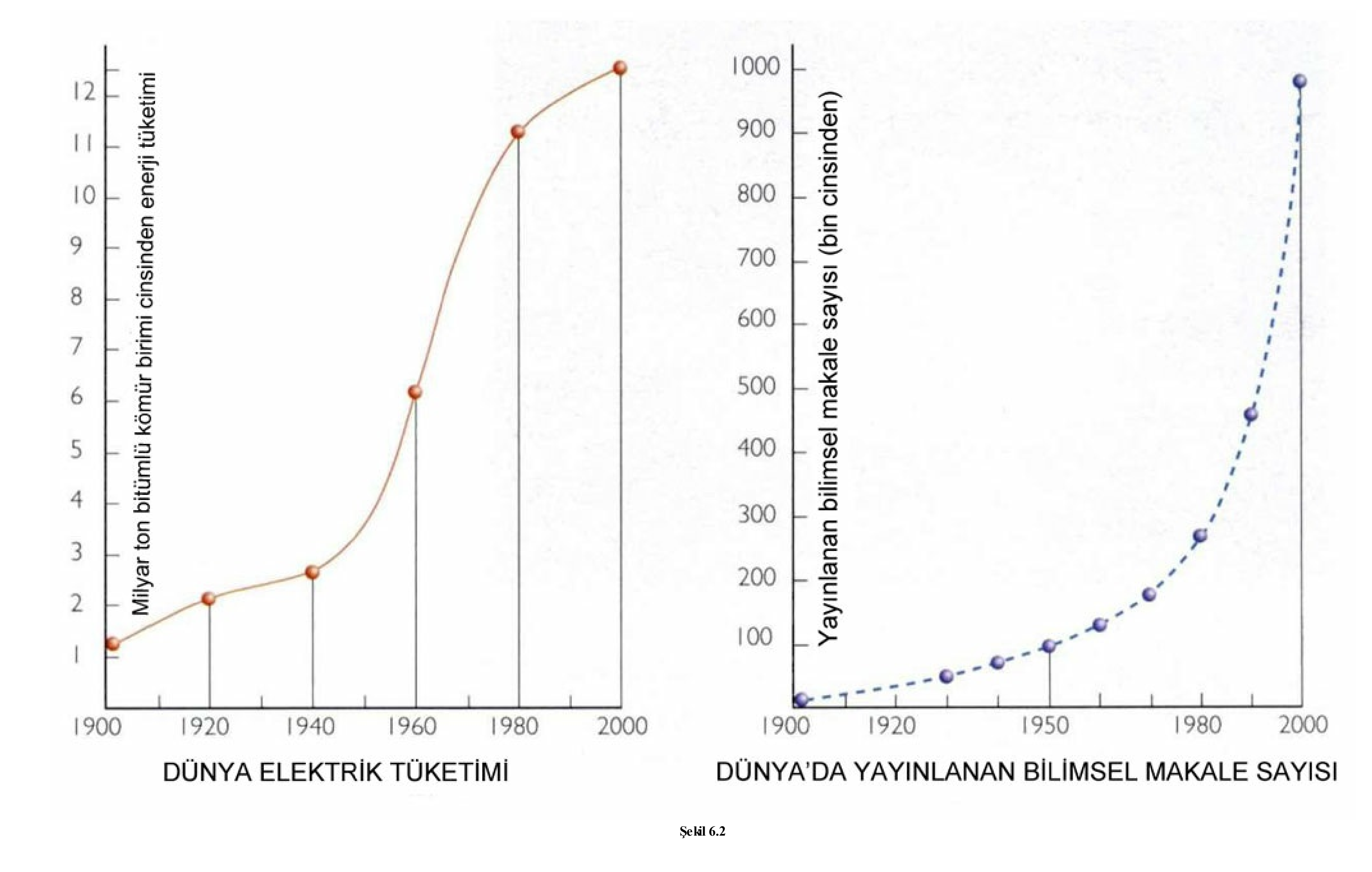
*Newton, Einstein, Kumandan Data ve ben, Uzay Yolu filminin bir sahnesinde, poker oynuyoruz.*

*(Paramount Pıctures'ın izniyle. UZAY YOLU: YENİ NESİL 2001, Paramount Pictures. Bütün hakları saklıdır.)*

Uzay Yolu dizisinin hu kadar sevilir olmasının sebebi, geleceği güvenli ve rahatlatıcı göstermesidir. Ben de Uzay Yolu dizisinin birazcık hayranıyım. Bu yüzden Newton, Einstein ve Kumandan Data ile poker oynayacağım bir bölümde rol almak üzere kolayca ikna edildim. Hepsini yendim, ancak ne yazık ki kırmızı alarm verildi, bu yüzden, kazandığım paraları toplayamadım.

Uzay Yolu dizisi, bilim, teknoloji ve politik düzen açısından bizim toplumumuzdan çok daha ileride bir toplumu anlatır. (Sonuncusu pek de zor olmasa gerek.) Günümüz ile o zaman arasında, gerilim ve üzüntüler yaratan, büyük, birçok değişiklik gerçekleşmiş; ancak toplumun bilim, teknoloji ve düzen düzeyi de, bize anlatılan dönemde mükemmelliğe yaklaşmış olmalı.

Bu tabloyu sorgulamak ve bilim ile teknolojide kararlı, sonuçsal bir duruma ulaşıp ulaşmayacağımızı sormak istiyorum. İnsanoğlunun bilgi ve teknolojisi, son buz çağından beri, yaklaşık on bin yıl içerisinde hiçbir zaman yerinde saymadı. Gerçi, Roma İmparatorluğu'nun çöküşünün ardından gelen Karanlık Çağ gibi birkaç gerileme oldu. Gene de; yaşamı sürdürme ve kendimize besin bulma konusundaki teknolojik yeteneğimizin ölçüsü olan dünya nüfusu, Kara Ölüm (veba salgını, Ç.N.) gibi sadece birkaç duraklama hariç, kararlı bir şekilde arttı (Şekil 6.1).



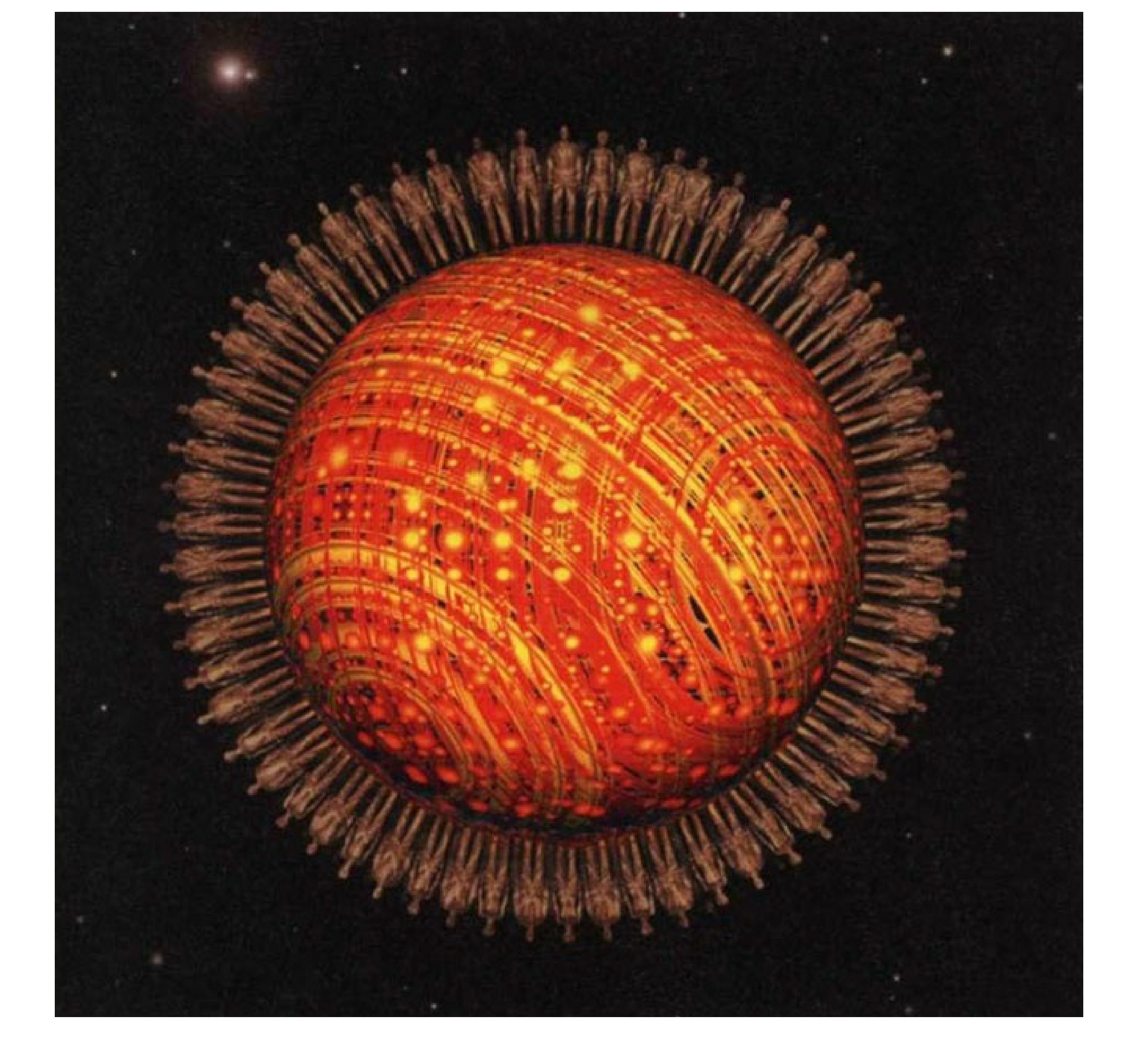

Şekil 6.2

*Solda: Milyar ton bitümlü kömür birimi cinsinden dünya çapındaki toplam enerji tüketimi, burada I ton ~ bitümlü kömür birimi = 8.13 MW-saat'tir.*

*Sağda: Her yıl yayınlanan bilimsel makale sayısı. Düşey taksimat bin cinsindendir. 1900 yılında 9000 makale yayınlandı. 1950 yılında 90.000, 2000 yılına doğru ise 900.000 makale yayınlandı.*

Nüfus artışı, son ikiyüz yılda üssel hale geldi; yani, nüfus her yıl aynı yüzde ile artıyor. Bu hız günümüzde yılda yüzde 1.9'dur. Bu size pek de fazla gelmeyebilir, ancak bu durum, dünya nüfusunun her kırk yılda bir, ikiye katlanması demektir (Şekil 6.2).

Teknolojik gelişmenin yakın zamandaki diğer ölçüleri; elektrik tüketimi ve bilimsel makale sayısıdır. Onlar da üssel büyüme gösterir ve kırk yıldan daha kısa bir sürede ikiye katlanır. Bilimsel ve teknolojik gelişmenin yakın gelecekte - o kadar uzak bir gelecekte olmayacağı varsayılan Uzay Yolu çağında değil elbette — yavaşlayacağı ve duracağı hakkında hiçbir belirti yoktur. Ancak, nüfus ve elektrik tüketimi artışı şu anki hızıyla devam ederse, 2600 yılına doğru dünya nüfusu omuz omuza duracak, üstelik elektrik kullanımı da Dünya'nın kor gibi parlamasına neden olacaktır (karşı sayfadaki resme bakınız).



*2600 yılına gelindiğinde dünya nüfusu omuz omuza duracak üstelik elektrik kullanımı da Dünya'nın kor gibi parlamasına neden olacaktır.*

Eğer yayınlanan kitapları ard arda dizseydiniz, sıranın sonuna yetişmek için saatte 90 mil hızla gitmeniz gerekirdi Sanat ve bilimle ilgili yeni çalışmalar 2600 yılına doğru elbette ki kitap ve kağıt gibi maddesel değil, elektronik biçimlerde olacaktır. Yine de, bu üssel büyüme devam ederse, içinde bulunduğum kuramsal fizik alanında saniyede on makale yayınlanacak ve onları okumaya zaman kalmayacaktır.

Açıkçası, bugünkü üssel büyüme belirsiz bir şekilde devam edemez. Öyleyse ne olacak? Olasılıklardan biri, kendimizi, nükleer savaş gibi bir felaketle yok etmemizdir. Yapılan kötü bir şakaya göre, dünya dışı varlıkların bizimle şimdiye kadar iletişim kurmamasının sebebi, bir uygarlığın bizim gelişim safhamıza ulaştığında, kararsız hale gelip kendini yok etmesiymiş. Bununla birlikte, ben iyimser bir insanım. Her şey ilginç bir hal alırken, insanların kendini yok edecek kadar ileri gideceğine inanmıyorum.



Şekil 6.3

*Uzay Yolu dizisinin konusu, ışık hızından çok daha yüksek olan bükülme hızında gidebilen Atılgan benzeri uzay gemilerine dayanır. Bununla birlikte, Kronolojinin Korunması Tahmini doğruysa; galaksiyi, ışıktan yavaş ilerleyen, roketli uzay gemileriyle keşfetmemiz gerekecek.*

Uzay Yolu dizisindeki gelecek düşü - yani, ileri, ancak aslında durağan olan bir düzeye ulaşmamız-evreni yöneten temel kanunlar hakkındaki bilgilerimiz gözönüne alındığında gerçekleşebilir. Bir sonraki bölümde de açıklayacağım üzere, fazla uzak olmayan bir gelecekte keşfedeceğimiz, mükemmel bir kuram bulunabilir. Eğer böyle mükemmel bir kuram gerçekleşirse, bu Uzay Yolu dizisindeki bükülme hızında yol alma düşünün gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini de belirleyecektir. Günümüzdeki düşüncelere göre, galaksiyi, ışıktan yavaş giden uzay gemileri kullanarak, yavaş ve sıkıcı bir şekilde keşfetmemiz gerekecektir; ancak henüz elimizde eksiksiz, birleşik bir kuram olmadığı için, bükülme hızında gitme fikrini pek de bir kenara atamayız (Şekil 6.3).

Buna karşın, en uç durumlar dışında geçerli olan kanunları, yani uzay gemisi Atılgan'a hükmetmese bile, mürettebatına hükmeden kanunları zaten biliyoruz. Yine de, bu kanunları kullanmamız veya bu kanunlarla üretebileceğimiz sistemlerin karmaşıklığı konusunda değişmez bir duruma ulaşacakmışız gibi görünmüyor. İşte, bölümün geri kalanında bu karmaşıklığı ele alacağız.



Şimdiye kadar sahip olduğumuz en karmaşık sistemler vücutlarımızdır. Yaşam dört milyar yıl önce Dünyayı kaplayan, baştan beri var olan okyanuslarda ortaya çıkmış görünüyor. Bunun nasıl gerçekleştiğini bilmiyoruz. Belki de, atomlar arasındaki rastsal çarpışmalar, üreyebilen ve birleşerek daha karmaşık yapılar oluşturan makromoleküller oluşturdu. Bildiğimiz tek şey, son derece karmaşık olan DNA molekülünün üç buçuk milyar yıl önce ortaya çıktığı.

DNA, Dünyadaki bütün yaşam biçimlerinin temelidir. Spiral bir merdiven gibi, çift helisli bir yapısı vardır, ki bu, Francis Crick ve James Watson tarafından, Cambridge'deki Cavendish laboratuarında, 1953'te keşfedildi. Çift helisin iki iplikçiği, tıpkı spiral bir merdivenin basamakları gibi, baz çiftleri ile birbirine bağlanır. DNA'da dört baz vardır: adenin, guanin, timin ve sitozin. Spiral şeklindeki merdivendeki sıraları, DNA'nın kendi etrafında bir organizma meydana getirmesini ve kendini çoğaltmasını sağlayan genetik bilgileri taşır. DNA kendi kendini kopyalarken, bazların spiraldeki oram veya sırasında bazen hatalar olur. Kopyalama sırasındaki bu hatalar, çoğu durumda, DNA'nın kendini çoğaltmasını engeller veya bu olasılığı düşürür. Yani, böyle genetik hatalar, ya da mutasyonlar yok olacaktır. Ancak bu hata veya mutasyon, bazı durumlarda, DNA'nın varlığını sürdürme veya kendini çoğaltma şansını arttıracaktır. Genetik şifredeki bu tür değişikliklere ayrıcalık tanınır. DNA dizisinde taşınan bilgiler bu şekilde yavaş yavaş evrim geçirir ve karmaşıklığı artar (Şekil 6.4).



**Şekil 6.5**
**İlerleyen Evrim**
Sağda, biyolog Richard Dawkins'in geliştirdiği bir programda evrim geçiren, bilgisayar ortamında üretilmiş biyomorftar bulunuyor. Belli bir neslin varlığını sürdürmesi, "ilginç", "farklı", veya "böcek-benzeri" olmak gibi basit niteliklere bağlıydı. Rastsal ilk kuşaklar, tek bir pikselden başlayıp, doğal seleksiyona benzer bir süreç boyunca gelişti. Dawkins, (birkaçında evrimin son bulduğu) dikkate değer 29

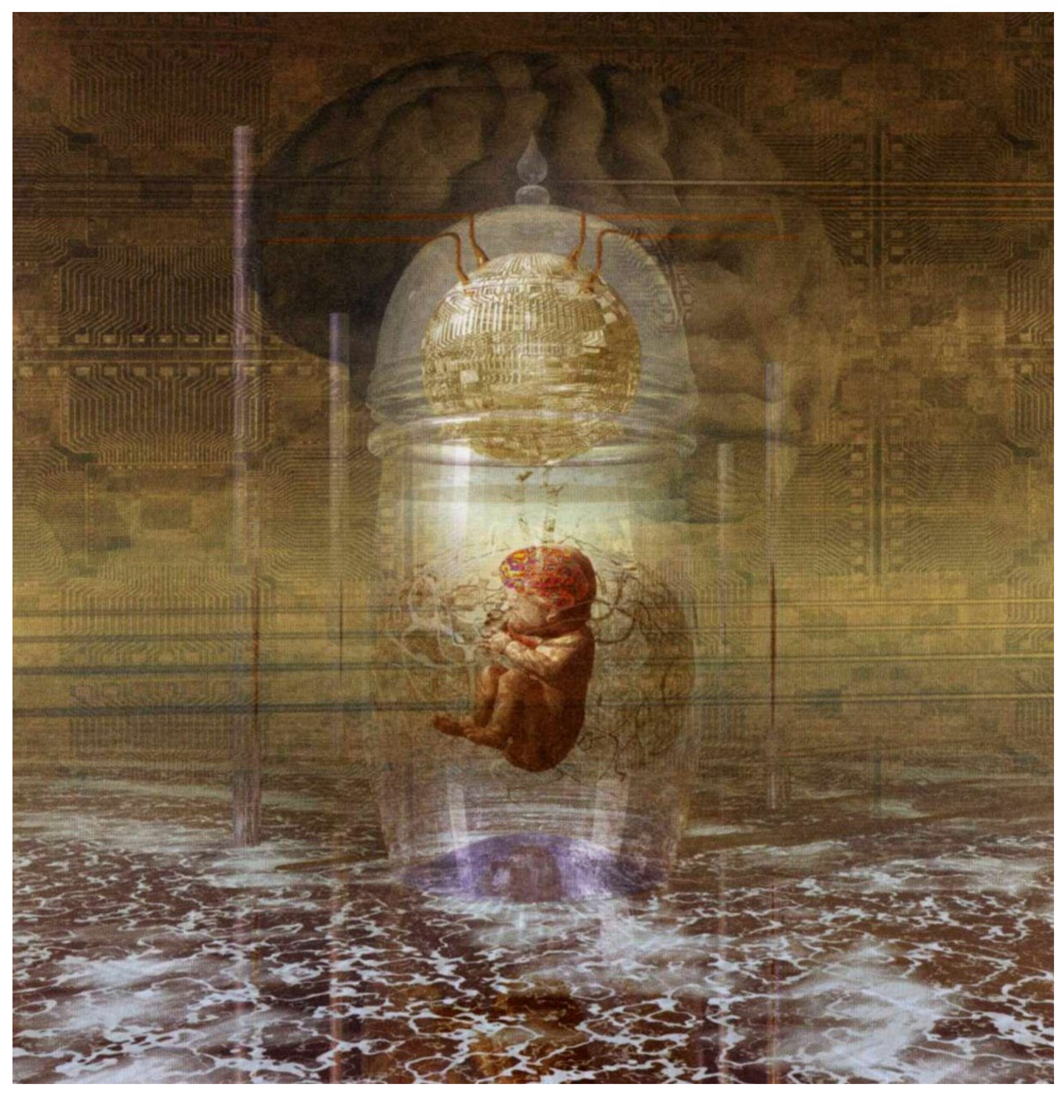
jenerasyonda böcek-benzeri bir
bi

Karmaşıklığın, (Ölçeğe almadığımı) Dünya'nın oluşumundan beri gelişimi.

İLETİLEN BİLGİLER
KİTAPLAR
DNA
?
$10^{14}$
$10^{8}$
$10^{7}$
YILLAR ÖNCE
Günümüz
4.6 Milyar
4 Milyar
3.6 Milyar
5000 yıl

Biyolojik evrim, genetik olasılıklar uzayındaki rastsal bir yürüyüşe benzer, bu yüzden çok yavaş ilerlemiştir. DNA'da kodlanan karmaşıklık, veya bilgi biti sayısı, bu moleküldeki baz sayısını da, yaklaşık olarak, verir. Karmaşıklık, ilk iki milyar yıl boyunca, her yüzyılda bir bilgi biti hızında artmış olmalıdır. DNA karmaşıklığındaki artış hızı, son birkaç milyon yılda, yavaş yavaş yılda yaklaşık bir bite yükseldi. Ancak daha sonra, bundan altı veya sekizbin yıl önce, daha da büyük, yeni bir gelişme yaşandı. Yazı dilini geliştirdik. Yani bilgiler, DNA zincirinde, rastsal mutasyonlar ve doğal seleksiyon tarafından hayli yavaş bir biçimde kodlandığı sürecin tamamlanmasını beklememize gerek kalmadan, bir nesilden diğerine aktarılabilecekti. Karmaşıklığın miktarı son derece arttı. Tek sayfalık bir öykü, maymunlar ve insanlar arasındaki DNA farkı kadar çok bilgi içerebilir, ayrıca otuz ciltlik bir ansiklopedi de, insandaki DNA zincirinin tamamını tanımlayabilir (Şekil 6.5).



*Embriyoların insan vücudu dışında büyütülmesiyle daha büyük beyinler ve daha gelişmiş bir zeka sağlanacaktır.*

Daha da önemlisi, kitaplardaki bilgiler çabucak güncellenebilir. Biyolojik evrimin DNA'yı güncelleme hızı, şu an, yılda yaklaşık bir bittir. Ancak her yıl iki yüz bin kitap yayınlanıyor, yani saniyede bir milyon bitin üzerinde bir hızla yeni bilgiler ortaya çıkıyor. Bu bilgilerin çoğu elbette ki zırvadır, fakat bir milyon bitten sadece bir biti faydalı olsa bile, bu süreç biyolojik evrimden hâlâ yüz bin defa daha hızlıdır.

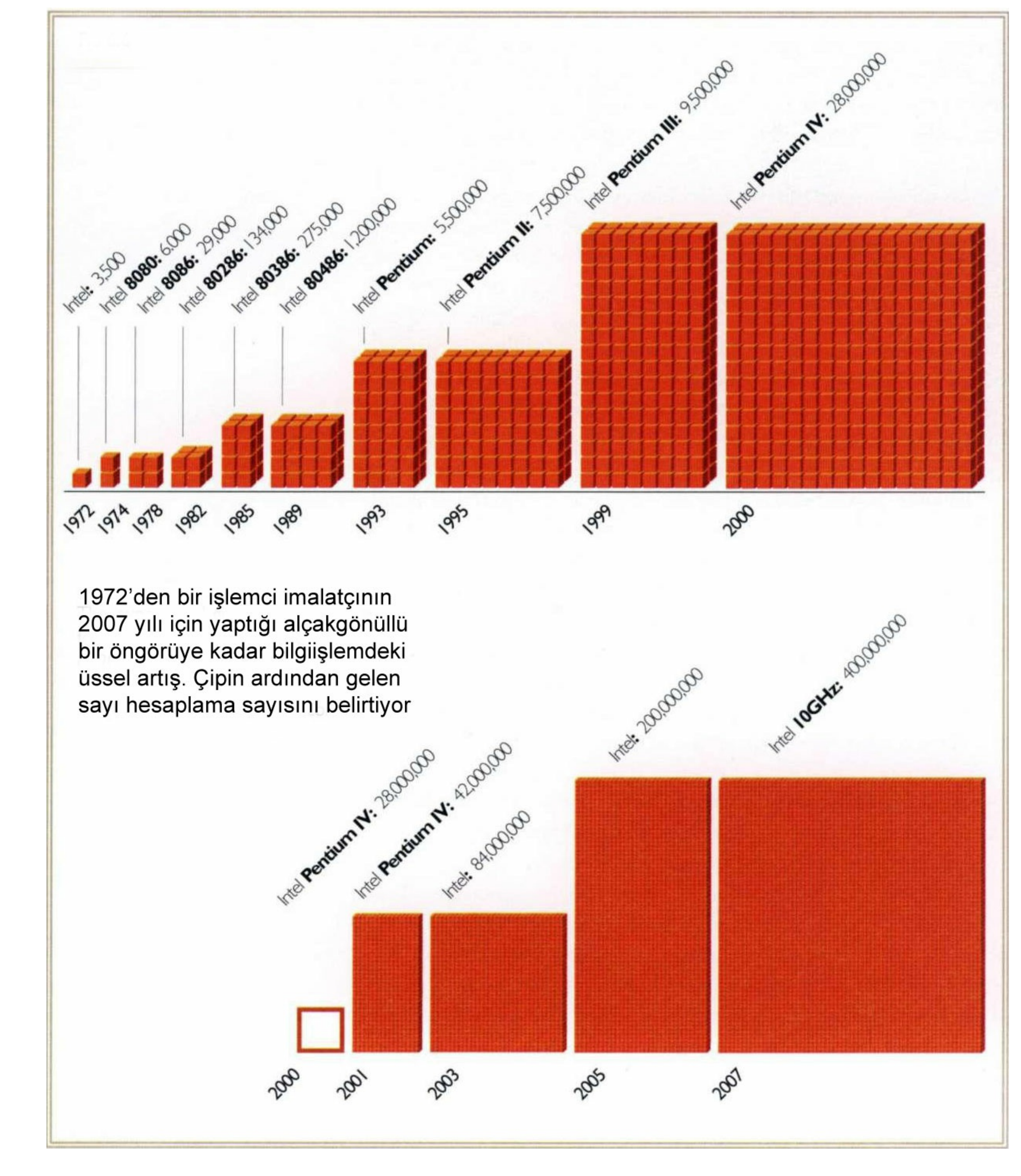
Dışsal, biyoloji dışı yollardan gerçekleşen bu veri iletimi, insan ırkının dünyayı yönetmesini ve üssel biçimde artan bir nüfusa sahip olmasını sağladı. Ancak, artık, yeni bir devrin başlangıcındayız ve bu devirde yavaş biyolojik evrim sürecini beklemek zorunda kalmadan, içimizdeki kayıtların, yani DNA'nın karmaşıklığını arttırabileceğiz. İnsan DNA'sında son on bin yıl boyunca önemli hiçbir değişiklik gerçekleşmedi. Ne var ki, bir sonraki bin yılda onu tamamen yeniden tasarlayabilmemiz olasıdır. Birçok kişi elbette, insanlarda genetik mühendislik uygulamasının yasaklanması gerektiğini söyleyecek, ama bunu engelleyebilmemiz şüpheli görünüyor. Genetik mühendisliğinin bitkiler ve hayvanlarda uygulanmasına, ekonomik nedenlerle, izin verilecek, üstelik, birileri bunu insanlar üzerinde mutlaka deneyecektir. Totaliter bir dünya düzenine sahip olmadığımız sürece, birileri bir yerlerde gelişmiş insanlar tasarlayacaktır.



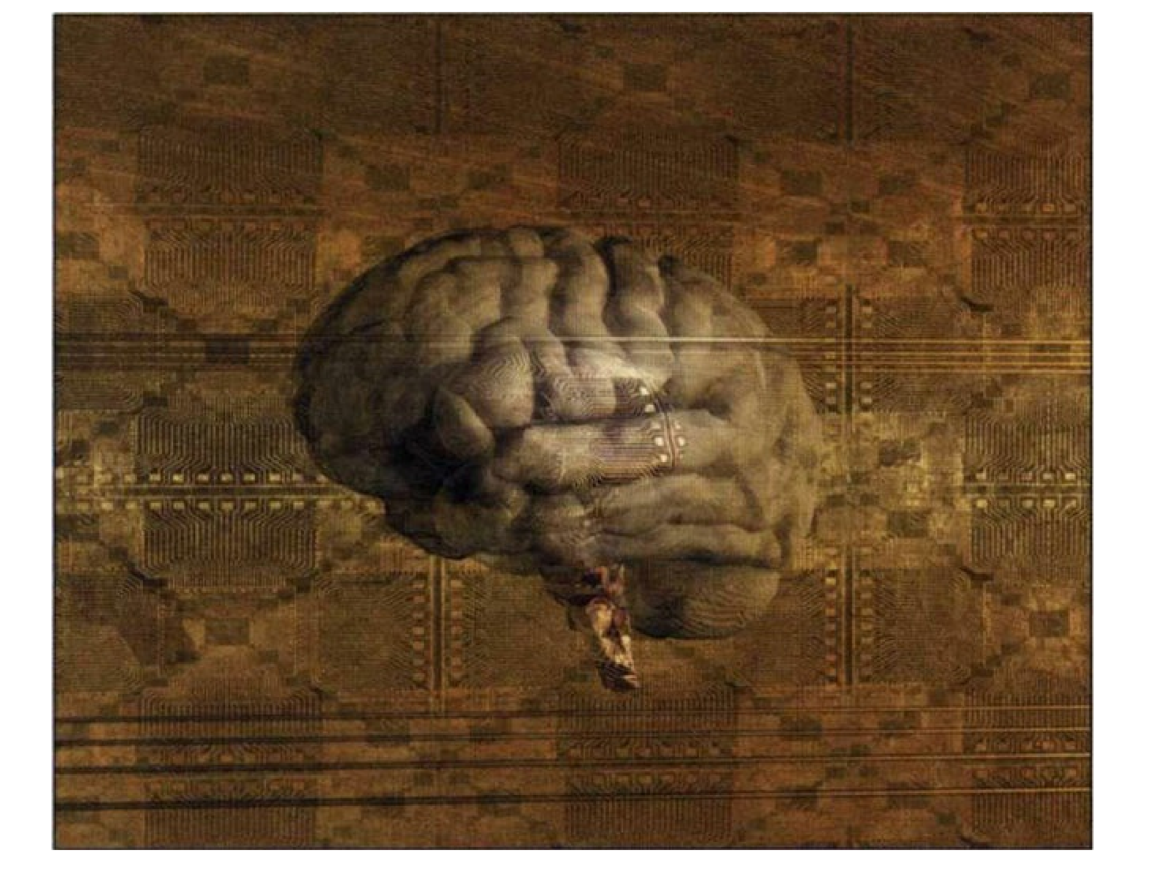

*Sıradan bir solucanın beyni günümüzde bilgiişlem gücü açısından bilgisayarlarımızı geride bırakıyor.*

Geliştirilmiş insanların yaratılması, geliştirilmemiş insanlar için sosyal ve politik büyük sorunlara yol açacak. Niyetim, genetik mühendisliğini arzulanan bir gelişme olarak savunmak değil, sadece isteyip istemememize bağlı olduğunu söylemektir. Bu yüzden, dört yüzyıl sonraki insanların günümüzdeki insanların aynısı olduğu, Uzay Yolu gibi bilim kurgu filmlerine inanmıyorum. İnsan ırkının ve DNA'sının oldukça hızlı bir biçimde karmaşık bir hale geleceğini düşünüyorum. Bunun gerçekleşebileceğini şimdiden algılamalı ve üstesinden nasıl geleceğimizi düşünmeliyiz.

Etrafımızdaki gittikçe karmaşıklaşan dünyayla başetmek ve uzay yolculuğu gibi yeni zorluklarla karşılaşmak sözkonusu olduğunda; insanoğlunun düşünsel niteliklerini bir şekilde geliştirmesi gerekiyor. Eğer biyolojik sistemler elektronik sistemlerden ileri gidecekse, insanların karmaşıklığını da arttırması gerekiyor. Şu an için, bilgisayarlar hız avantajına sahip, ancak hiçbir zeka belirtisi göstermiyor. Bu hiç de şaşırtıcı değil, çünkü günümüz bilgisayarları bir solucanın beyninden daha az karmaşık, ki solucan da zihinsel yetileri ile dikkat çeken bir tür değildir.


Intel: 3,500
Intel 8080: 6,000
Intel 8086: 29,000
Intel 80286: 134,000
Intel 80386: 275,000
Intel 80486: 1,200,000
Intel Pentium: 5,500,000
Intel Pentium II: 7,500,000
Intel Pentium III: 9,500,000
Intel Pentium IV: 28,000,000
1972
1974
1978
1982
1985
1989
1993
1995
1999
2000
1972'den bir işlemci imalatçının 2007 yılı için yaptığı alçakgönüllü bir öngörüye kadar bilgiişlemdeki üssel artış. Çipin ardından gelen sayı hesaplama sayısını belirtiyor
Intel Pentium IV: 28,000,000
Intel Pentium IV: 42,000,000
Intel: 84,000,000
Intel: 200,000,000
Intel 10GHz: 400,000,000
2000
2001
2003
2005
2007

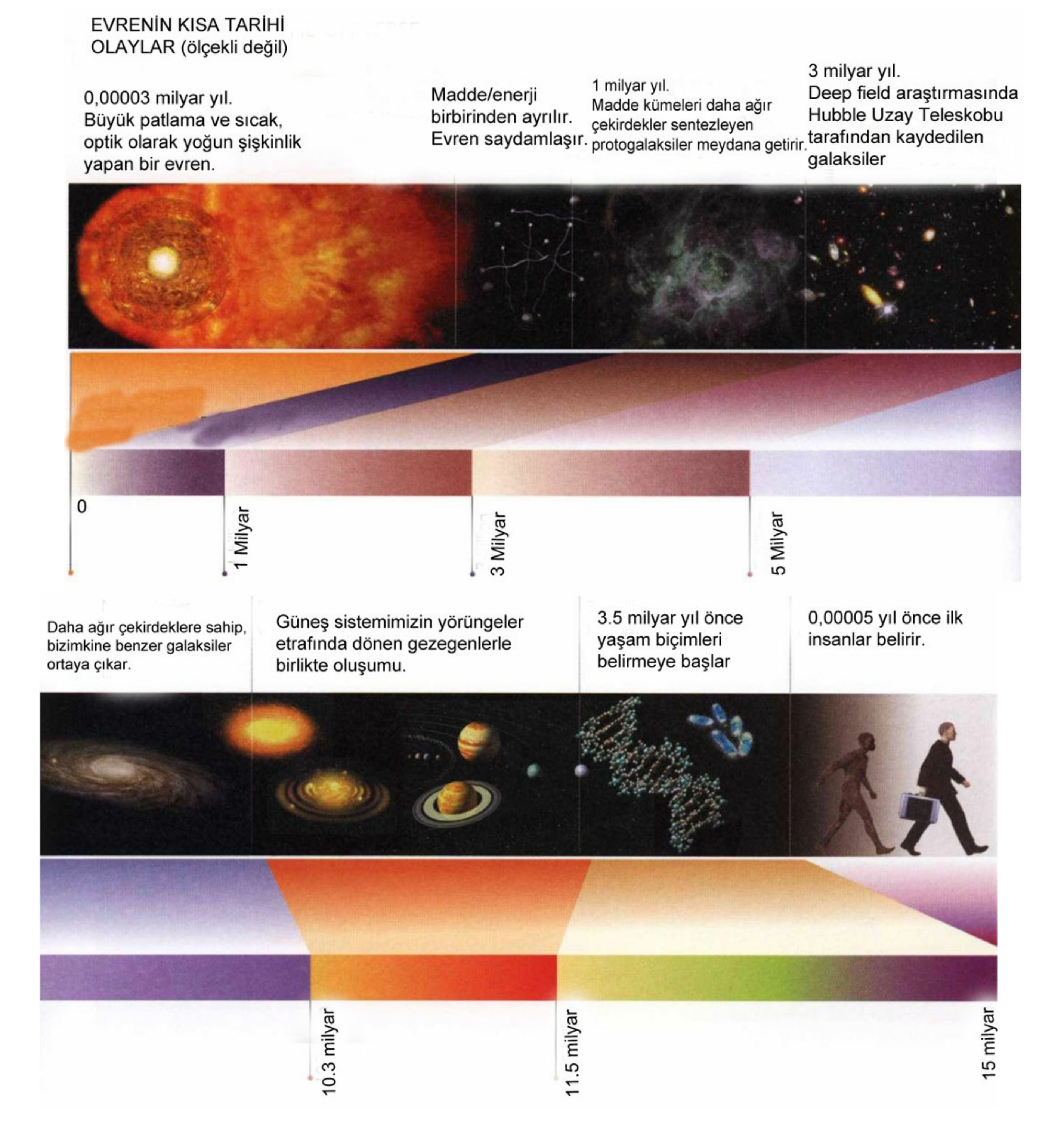
**Şekil 6.6**



*Sinir implamantasyonları, iyileşmiş bir hafıza ve bütün bir dil veya bu kitabın içeriği gibi eksiksiz bilgi paketlerinin birkaç dakika içinde öğrenilmesini sağlayacaktır. Böyle geliştirilmiş insanlar, bize çok az benzeyecektir.*

Ancak bilgisayarlar Moore kanununa uyuyor: hızları ve karmaşıklıkları on sekiz ayda bir ikiye katlanıyor (Şekil 6.6). Bu, belirsiz bir şekilde devam edemeyecek üssel artışlardan biridir. Bununla birlikte, bu artış olasıdır ki, bilgisayarlar insan beyninkine benzer bir karmaşıklığa erişinceye kadar devam edecektir. Bazıları, bilgisayarların hiçbir zaman gerçek bir zekaya sahip olamayacağını söylüyor, bu da her ne demekse! Ancak bana öyle geliyor ki, çok karmaşık kimyasal moleküller, zeki kılmak üzere insanlarda işleyebilirse, eşit derecede karmaşık elektrik devreleri de bilgisayarların zeki bir şekilde davranmasını sağlayabilir. Üstelik zeki olurlarsa, herhalde, daha bile üstün karmaşıklık ve zekaya sahip bilgisayarlar da tasarlayabilirler.

Biyolojik ve elektronik karmaşıklıktaki artış hep devam mı edecek, yoksa doğal bir sınır var mı? İnsan zekasının sınırı, biyolojik açıdan bakıldığında, şimdiye kadar, doğum kanalından geçecek olan beynin boyutu ile belirlendi. Üç çocuğumun doğumunu izlediğim için, başın dışarı çıkmasının ne kadar zor olduğunu biliyorum. Ancak önümüzdeki yüzyıl içerisinde, bebekleri insan vücudunun dışında büyüterek bu kısıtlamayı ortadan kaldıracağımızı umuyorum. Bununla birlikte, genetik mühendisliği aracılığı ile insan beyninin boyutunda sağlanan artış, görece, zihinsel faaliyetlerimizden sorumlu olan, vücuttaki kimyasal habercilerin sonunda yavaş hareket etmesi sorunuyla karşılaşacak. Yani, beyinin karmaşıklığındaki daha fazla artış, hız pahasına olacaktır. Hızlı düşünebileceğiz veya daha zeki olacağız, ancak iki özelliği birarada taşımayacağız. Yine de, Uzay Yolu dizisindeki çoğu insandan daha zeki olabileceğimizi sanıyorum, bu o kadar da zor olmayabilir.




**Şekil 6.7**

*İnsanoğlu, evren tarihinin sadece küçük bir dönemi boyunca varlığını sürdürüyor. (Eğer bu şema ölçeklendirilse ve insanların varolduğu süre 7 cm ile belirtilseydi, evrenin bütün tarihi bir kilometreden uzun olurdu.) Karşılaşacağımız yabancı bir yaşam biçimi bize göre çok daha ilkel veya çok daha gelişmiş olabilir.*

Elektronik devreler de, insan beynindekiyle aynı olan karmaşıklığa karşı hız sorununa sahiptir. Bununla birlikte, sinyaller bu durumda kimyasal değil, elektroniktir ve çok daha yüksek olan ışık hızında ilerler. Yine de, ışık hızı, daha hızlı bilgisayarın tasarımında zaten bir uygulama sınırıdır. Bu durum, devrelerin küçültülmesiyle geliştirilebilir, ancak nihayet, maddenin atomik yapısı tarafından belirlenen bir sınır olacaktır. Buna rağmen, bu sınırla karşılaşmadan önce kat edeceğimiz bir mesafe

vardır.

Elektronik devrelerin, hızlarını koruyarak karmaşıklıklarını arttırabileceği başka bir yol ise, insan beynini taklit etmeleridir. Beynin her bir komutu ard arda işleyen tek bir işlemcisi yoktur. Bunun yerine, aynı anda çalışan milyonlarca işlemciye sahiptir. Buna benzer, çok sayıda paralel işlemci, ayrıca elektronik zekanın da geleceği olacaktır.




Gelecek yüzyıllar içerisinde kendimizi yok etmeyeceğimizi varsayarsak, önce güneş sistemindeki gezegenlere, sonra da yakınımızdaki yıldızlara yayılmamız olasıdır. Ancak bu durum, Uzay Yolu veya Babylon 5 dizilerindeki gibi olamayacak, neredeyse her yıldız sisteminde, insana benzeyen, yeni bir ırk bulunacaktır. İnsan ırkı, şu anki biçimini, büyük patlamadan beri geçen yaklaşık on beş milyar yıl içerisinde sadece iki milyon yıldır taşıyor (Şekil 6.7).



## BIYOLOJIK-ELEKTRONIK ARABIRIM

Bin dolarlık bir bilgisayar, yirmi yıl içerisinde insan beyni kadar karmaşık bir hale gelebilir. Paralel işlemciler, beynimizin çalışma biçimini taklit edebilir ve bilgisayarların zeki ve bilinçli davranmasını sağlayabilir.

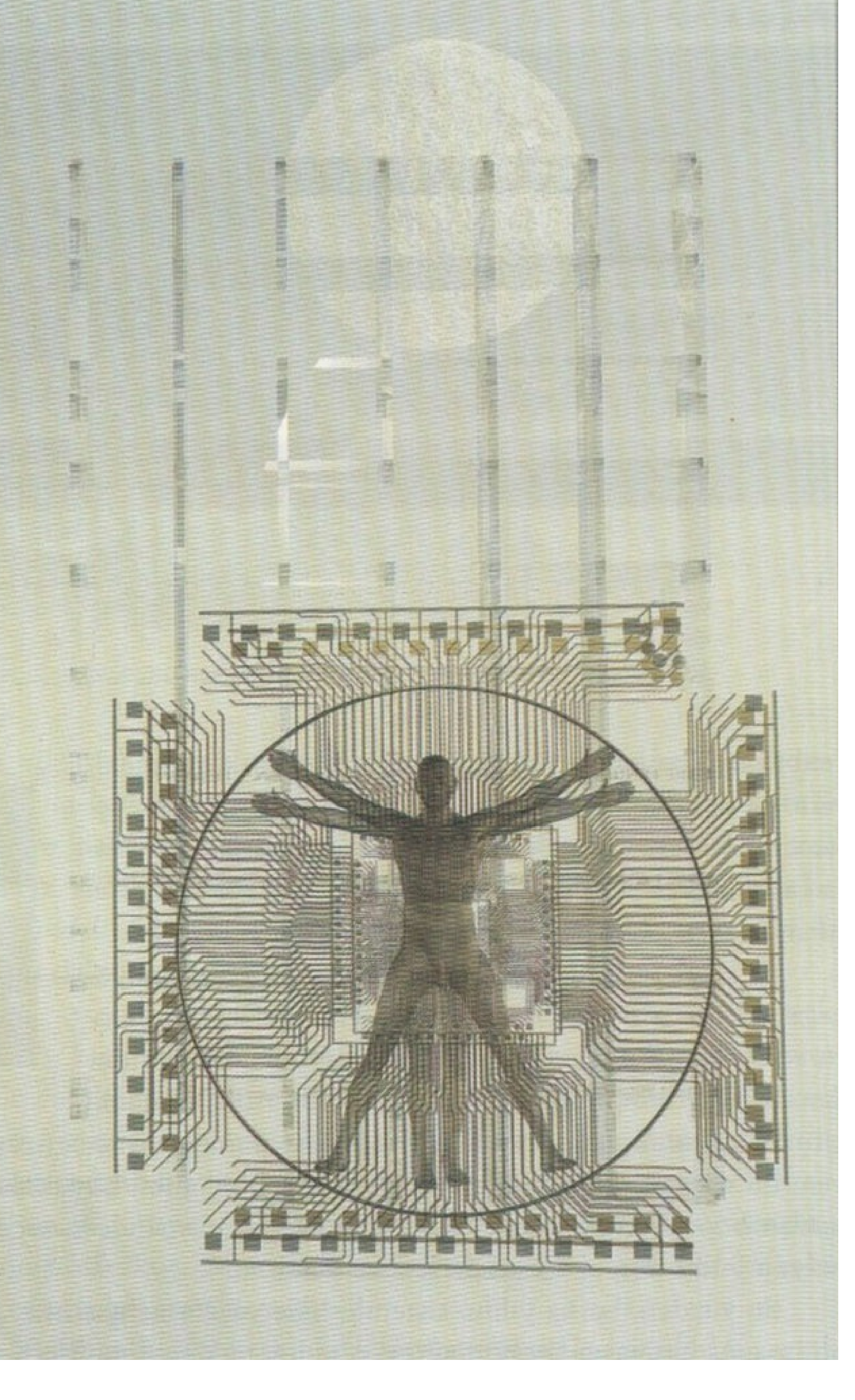
Sinir implamantasyonları, beyin ve bilgisayarlar arasında, biyolojik ve elektronik zeka arasındaki farkı ortadan kaldıran, çok daha hızlı, bir arabirime olanak tanıyabilir.

Ticari çoğu işlem, olasıdır ki World Wide Web aracılığıyla, siber-kişiler arasında gerçekleştirilecektir.

Çoğumuz, on yıl içerisinde, Net üzerinde sanal bir yaşam sürdürerek, siber-arkadaşlıklar ve ilişkiler kurmayı tercih edebiliriz.

İnsan genomu hakkındaki anlayışımız, şüphesiz ki tıpta da büyük ilerlemeler sağlayacak, ancak insanın DNA yapısının karmaşıklığını önemli derecede arttırmamıza da olanak tanıyacaktır. İnsanda uygulanan genetik mühendisliği, gelecek birkaç yüzyılda, biyolojik evrimin yerine geçebilir ve insanoğlunu yeniden tasarlayan tümüyle yeni, etik sorular açığa çıkabilir.

Güneş sistemimizin ötesine yapılacak uzay yolculukları, olasılıkla, genetik mühendisliği uygulanmış insanlar veya insansız, bilgisayar denetimli sondalar gerektirecektir.



***Resimdeki metin:*** *Biyolojik-Elektronik Arabirim Bin dolarlık bir bilgisayar, yirmi yıl içerisinde insan beyni kadar karmaşık bir hale gelebilir. Paralel işlemciler, beynimizin çalışma biçimini taklit edebilir ve bilgisayarların zeki ve bilinçli davranmasını sağlayabilir. Sinir implamantasyonları, beyin ve bilgisayarlar arasında, biyolojik ve elektronik zeka arasındaki farkı ortadan kaldıran, çok daha hızlı, bir arabirime olanak tanıyabilir. Ticari çoğu işlem, olasıdır ki World Wide Web aracılığıyla, siber-kişiler arasında gerçekleştirilecektir. Çoğumuz, on yıl içerisinde, Net üzerinde sanal bir yaşam sürdürerek siber-arkadaşlıklar ve ilişkiler kurmayı tercih edebiliriz. İnsan genomu hakkındaki anlayışımız, şüphesiz ki tıpta da büyük ilerlemeler*

*sağlayacak ancak insanın DNA yapısının karmaşıklığını önemli derecede arttırmamıza da olanak tanıyacaktır. İnsanda uygulanan genetik mühendisliği, gelecek birkaç yüzyılda, biyolojik evrimin yerine geçebilir ve insanoğlunu yeniden tasarlayan tümüyle yeni, etik sorular açığa çıkabilir. Güneş sistemimizin ötesine yapılacak uzay yolculuktan, olasılıkla, genetik mühendisliği uygulanmış insanlar veya insansız. bilgisayar denetimli sondalar gerektirecektir.*

Bu yüzden, başka yıldız sistemlerinde yaşam gelişse bile, onu bir insanlık aşamasında görmemizin olasılığı oldukça zayıftır. Karşılaşacağımız yabancı bir yaşam biçiminin bizden daha ilkel veya daha gelişmiş olması olasıdır. Peki; daha gelişmişlerse, neden galakside yayılıp Dünyayı ziyaret etmediler? Şurası açık ki, uzaylılar buraya gelseydi, bu durum E.T. filminden çok Kurtuluş Günü (Independence Day) filmine benzerdi.



Zeka, daha uzun dönemli bir hayatta kalma değerine sahip midir?

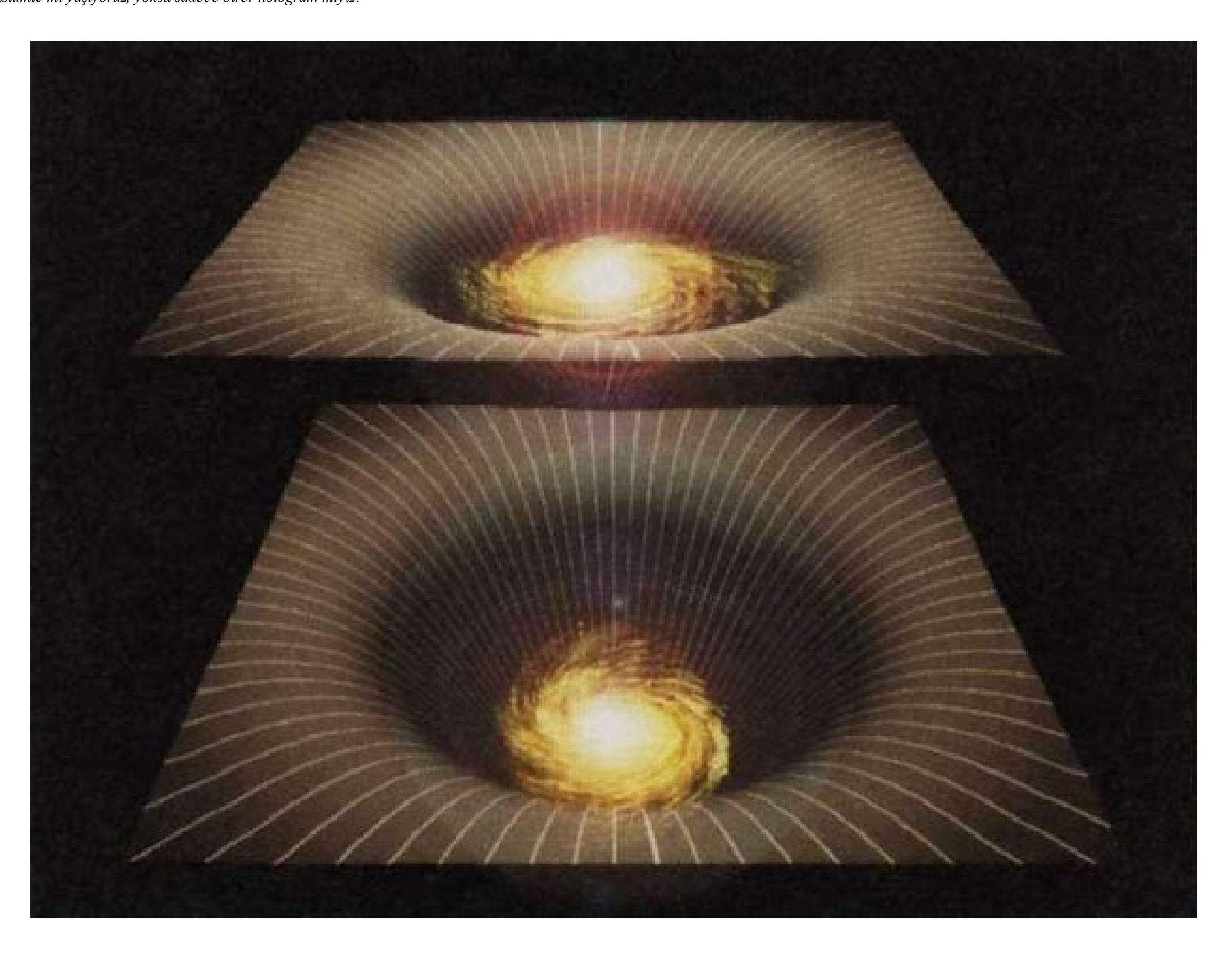
Öyleyse, dünya dışı ziyaretçilerimiz olmamasını nasıl açıklarsınız? Bunun sebebi, belki de, oralarda bir yerde, varlığımızın bilincinde olan, ancak kendi ilkel halimizde kalmamızı isteyen, gelişmiş bir ırkın bulunmasıdır. Bununla birlikte, bu gelişmiş ırkın daha düşük düzeydeki bir yaşam biçimine insaflı davranacağı da şüphelidir. Kaçımız ayağımızın altında ezilen böcekler ve solucanlar için üzülüyor ki? Bunun daha akla yatar bir açıklaması ise, başka gezegenlerde yaşamın gelişmesi veya bu yaşam biçiminin zekasının gelişmesi olasılığının çok düşük olmasıdır. Zeki olduğumuzu - belki de biraz desteksizce - iddia ettiğimiz için, zekayı evrimin kaçınılmaz bir sonucu şeklinde görme eğilimindeyiz. Bununla birlikte, bu sorgulanabilir. Zekanın, yaşamı sürdürmek için bir değerinin olup olmadığı belirgin değildir. Bakteriler, zekaları olmadan da idare edebilirler ve zekamız, kendimizi nükleer bir savaşta yok etmemize neden olursa, onlar yaşayacaktır. Yani, evreni araştırırken ilkel yaşam biçimleri bulabiliriz, ancak bize benzer varlıklar bulmamız pek olası değildir.

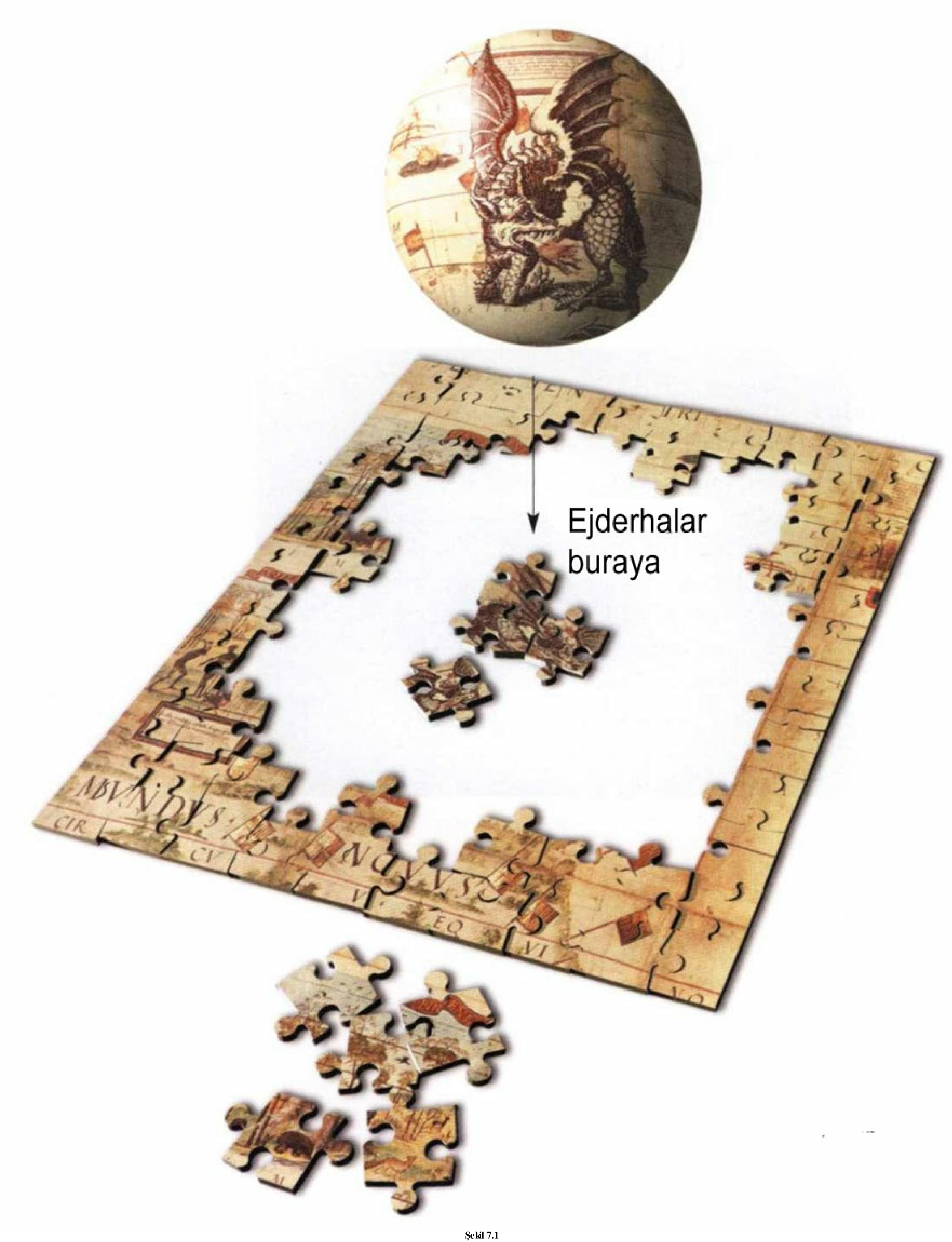
Bilimin geleceği, Uzay Yolu dizisinde çizilen pembe tabloya benzemeyecek, ileri, ancak temelinde kararlı bir bilim ve teknolojiye sahip, insansı birçok ırkla kaplı bir evren olmayacaktır. Bunun yerine, tek başımıza olacağımızı, ancak biyolojik ve elektronik karmaşıklığımızın artacağını düşünüyorum. Bunların çoğu gelecek yüz yılda gerçekleşmeyecek, bunu güvenilir şekilde öngörebiliriz. Ancak durum, eğer ulaşabilirsek, gelecek bin yılın sonuna doğru, Uzay Yolu dizisinden çok farklı olacaktır.

# Bölüm 7

YEPYENİ ZAR DÜNYASI

*Bir zar üstümle mi yaşıyoruz, yoksa sadece birer hologram mıyız?*





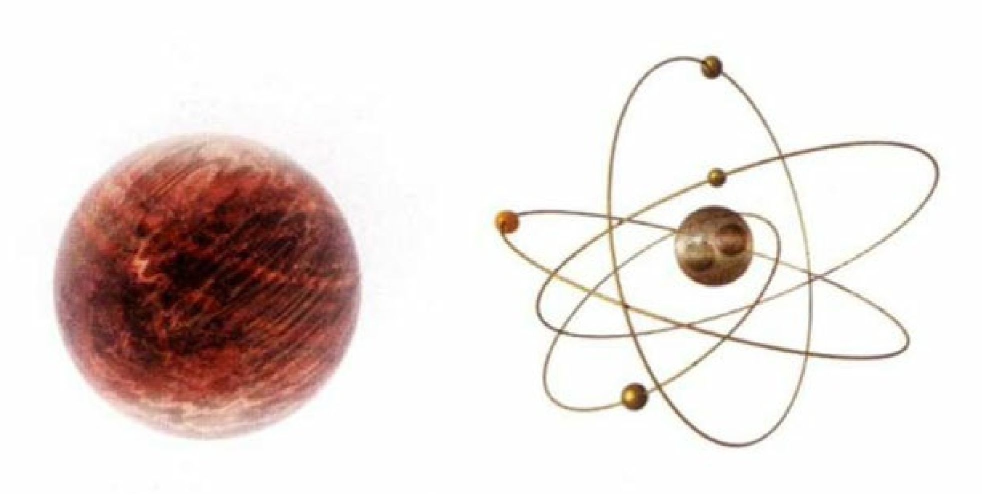

Şekil 7.1

*M kuramı yap-boza benzer. Kenardaki parçaları bulmak ve yanyana koymak kolaydır, ancak ortada ne olup bittiği konusunda pek bir fikrimiz yoktur; burada bir niceliğin veya başkasının küçük olacağı yaklaşımını yapamayız.*




Keşif yolculuğumuz gelecekte nasıl ilerleyecek? Evreni ve evrenin içerdiği her şeyi yöneten, eksiksiz, birleşik bir kuram arayışımızda başarıya ulaşacak mıyız? Aslında, Bölüm 2'de de açıkladığımız gibi, Her Şeyin Kuramı'nı zaten M kuramı şeklinde belirlemiş olabiliriz. Bu teorinin, en azından bildiğimiz kadarıyla, tek bir formülü yoktur. Bunun yerine, tıpkı Newtonun Kütle Çekim Kuramı'nın, kütle çekim alanının zayıflığı kısıtlamasıyla, Einstein'ın Genel Görelilik Kuramı'na bir yaklaşım olması gibi, temeldeki aynı kurama farklı kısıtlamalarla birer yaklaşım gibi görünen, farklı kuramlardan oluşan bir ağ keşfettik. M kuramı bir yap-boza benzer; yap-bozun kenarları, yani bir niceliğin veya bir başkasının küçük olduğu M kuramının sınırları çerçevesindeki parçaları belirlemek ve yanyana koymak kolaydır. Bu kenarlar hakkında oldukça iyi bir fikrimiz var, ancak M kuramı yap-bozunun ortasında hâlâ bir boşluk bulunuyor ve burada ne olup bittiğini bilmiyoruz (Şekil 7.1). Bu boşluğu doldurmadan, Her Şeyin Kuramı'nı bulduğumuzu gerçekten de iddia edemeyiz.

Peki, M kuramının ortasında ne var? Acaba, keşfedilmemiş ülkelerin haritalarındaki gibi, ejderhalar (veya eşit derecede garip bir şeyler) mi bulacağız? Geçmişteki deneyimlerimizden, gözlemlerimizin kapsamını küçük ölçeğe genişlettiğimizde, yeni ve beklenmedik olgular bulabileceğimizi çıkarıyoruz. Yirminci Yüzyıl'ın başlarında, doğanın işleyişini klasik fiziğin ölçeğinde anladık, ki klasik fizik yıldızlar arası mesafelerden milimetrenin yaklaşık yüzde birine kadar geçerliliğini korur. Klasik fizik, maddenin, elastiklik ve viskozite gibi özelliklere sahip, sürekli bir ortam olduğunu varsayar. Ancak maddenin pürüzsüz değil, tanecikli olduğuna ilişkin bir kanıt ortaya çıkmıştır: madde, atom adı verilen, küçük yapı taşlarından meydana gelmiştir. Atom kelimesi Yunanca'dan gelir ve bölünmez anlamındadır. Ne var ki, hemen sonra atomların, protonlar ve nötronlardan oluşan bir çekirdeğin etrafında dönen elektronlardan oluştuğu bulunmuştur (Şekil 7.2).



**Şekil 7.2**

***Solda:*** *Klasik bölünemez atom.*
***Sağda:*** *Proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdek çevresinde dönen elektronların, göründüğü bir atom.*





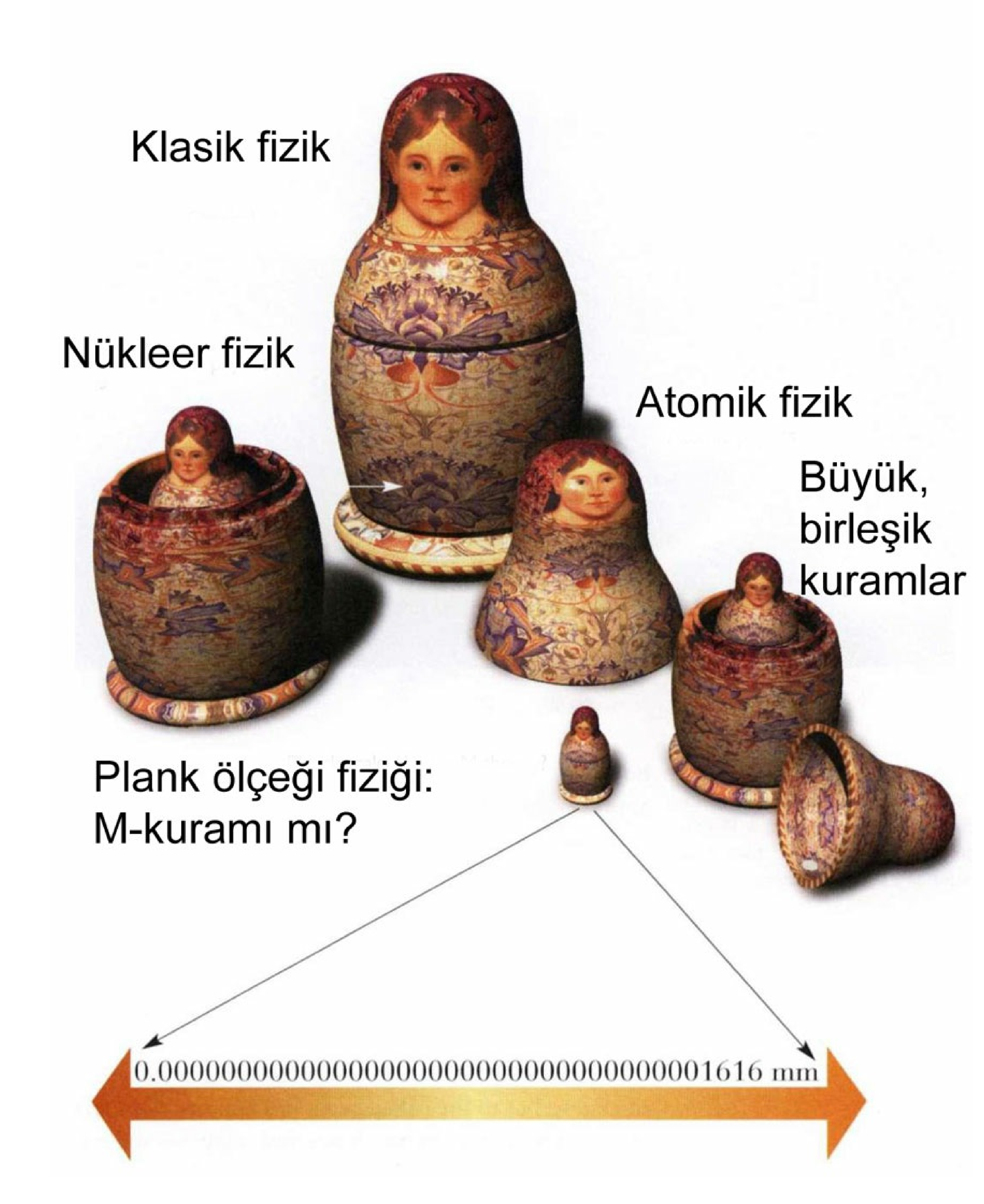
**Şekil 7.3**
Üstte: Bir proton, her bin üçte-ikilik, pozitif bir elektrik yüküne sahip iki yukarı kuarktan ve üçte birlik-negatif bir elektrik yüküne sahip bir aşağı kuarktan oluşur. Altta: Bir nötron ise. her biri üçte-birlik, negatif bir elektrik yüküne sahip iki aşağı

Bu yüzyılın ilk yirmi yılında, atom fiziği alanında yapılan çalışmalar, algılarımızı milimetrenin milyonda biri kadar küçük uzunluklara taşıdı. Daha sonra, proton ve nötronların, kuark adı verilen, daha da küçük parçacıklardan oluştuğunu keşfettik (Şekil 7.3).

Nükleer ve yüksek enerji fiziği konusundaki yakın tarihli araştırmalarımız, bizi, milyarda birden daha da küçük ölçeklere götürdü. Öyle görünüyor ki, böyle devam ederek, daha da küçük uzunluk ölçeklerinde yapılar keşfedebiliriz. Bununla birlikte, bu zincirin bir sınırı vardır, tıpkı içiçe konan matruşkalarda olduğu gibi (Şekil 7.4).

En sonunda, ikiye ayrılamayacak, en küçük bebeğe ulaşırsınız. Bu en küçük bebeğe, fizikte Planck uzunluğu adı verilir. Daha küçük uzunlukları araştırmak için o kadar yüksek enerjili parçacıklara ihtiyacımız olur ki, bunlar kara deliklerin içinde bulunacaktır. M kuramındaki temel Planck uzunluğunu tam olarak bilmiyoruz, ancak milimetrenin yüz bin milyar milyar milyarda biri kadar küçük olabilir. Bu kadar küçük uzunlukları araştırabilecek parçacık hızlandırıcıları inşa edemeyiz. Bunlar hem güneş sisteminden büyük olacaktır, hem de günümüzün parasal ortamında pek onaylanacak gibi değildir (Şekil 7.5).

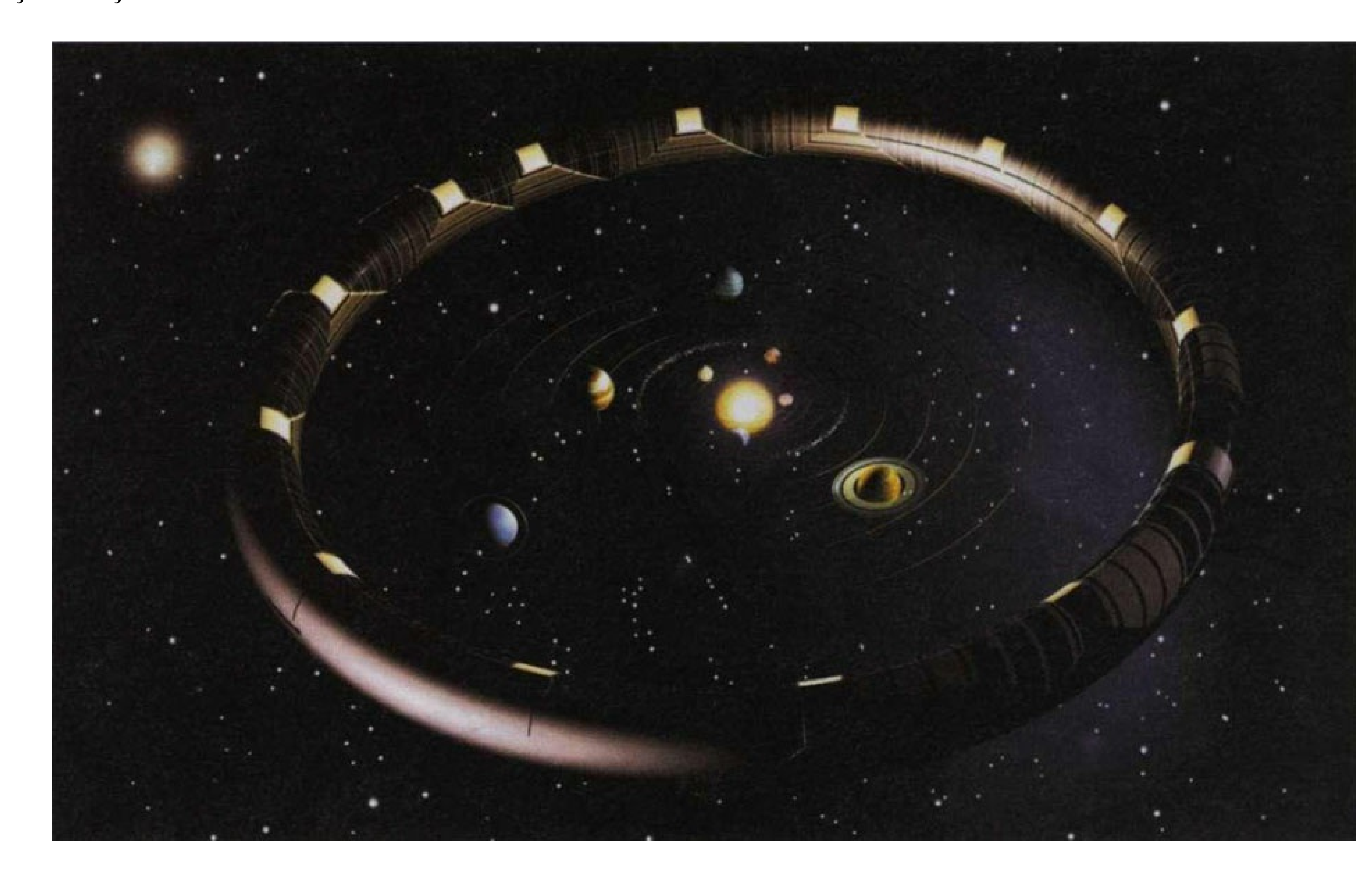
kuarktan ve üçte ikilik, pozitif bir elektrik yüküne sahip bir yukarı kuarktan oluşur.



Klasik fizik
Nükleer fizik
Atomik fizik
Büyük,
birleşik
kuramlar
Plank ölçeği fiziği:
M-kuramı mı?
0.0000000000000000000000000000000001616 mm


**Şekil 7.4**

*Her bir bebek belirli bir uzunluk ölçeğine kadar, kuramsal bir doğa anlayışını temsil eder. Her birinin içinde, doğayı daha küçük ölçeklerde açıklayan bir kurama karşılık gelen bir bebek vardır. En sonunda, fizikteki en küçük uzunluk Planck uzunluğudur, doğa belki de M kuramı ile bu ölçekte açıklanabilir.*



**Şekil 7.5**

*Planck uzunluğu kadar küçük uzunluktan araştırmak için gereken bir hızlandırıcı, güneş sisteminin çapından daha büyük olacaktır.*

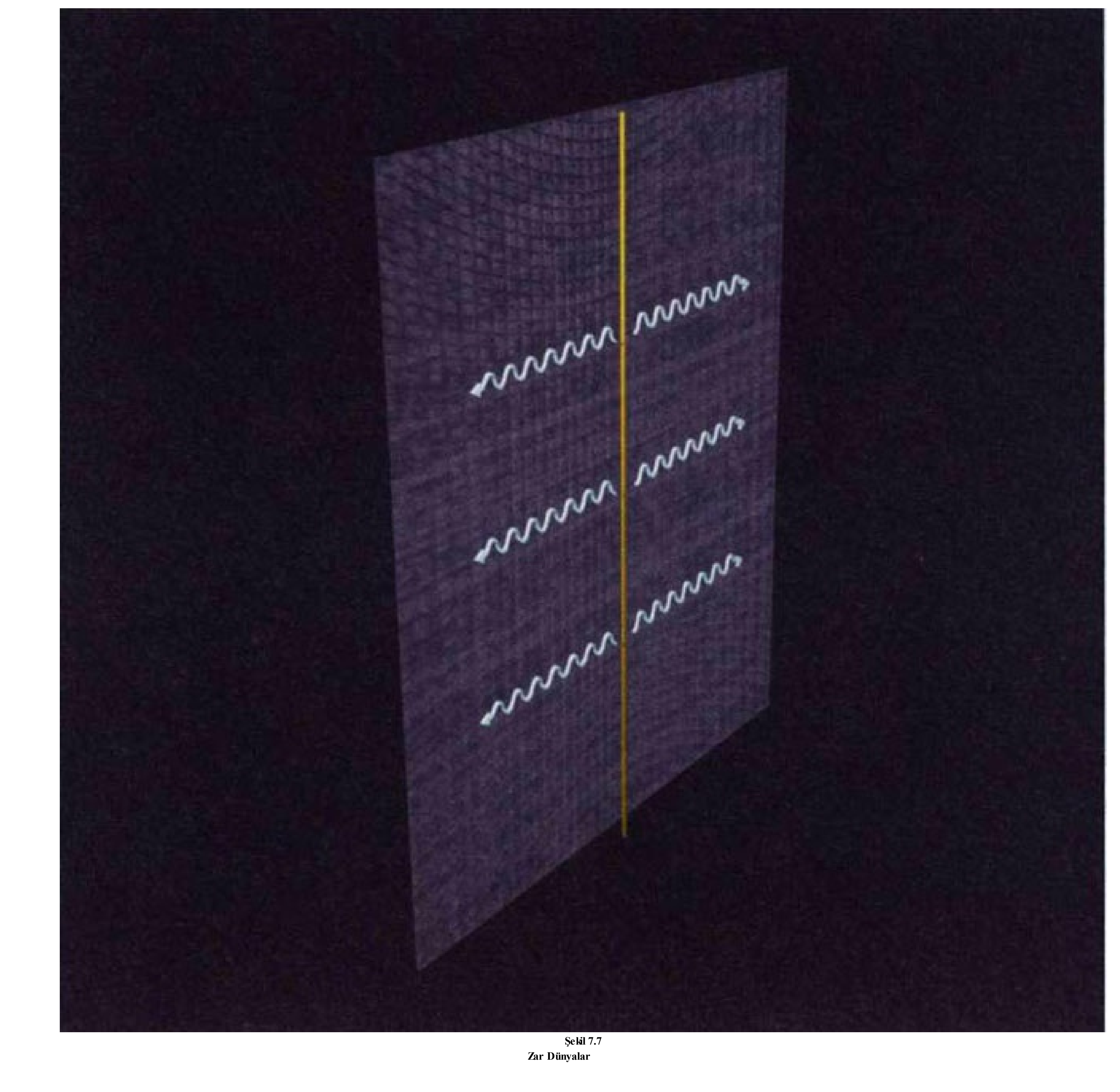
Bununla birlikte, M kuramındaki ejderhaların en azından bir kısmını daha kolayca (üstelik daha ucuza) keşfedebileceğimiz anlamına gelen, heyecan verici, yeni bir gelişme var. Bölüm 2 ve 3'te de açıkladığımız gibi, uzay-zaman, matematiksel modellerden oluşan M kuramı ağında, on veya on bir boyuta sahiptir. Yakın zamana kadar, ek yedi boyutun kıvrılarak küçüleceği düşünülüyordu. Bu, bir insanın saçma benzeyecekti (Şekil 7.6).

Eğer bir saç teline, büyüteç altında bakarsanız, belirli bir kalınlığa sahip olduğunu görebilirsiniz. Ancak çıplak gözle bakıldığında, uzunluktan başka boyuta sahip olmayan bir çizgi şeklinde görünür. Uzay-zaman da benzer olabilir: insani, atomik, hatta nükleer fizikteki uzunluk ölçeklerinde dört boyutlu ve yaklaşık olarak düz görünebilir. Buna karşın, son derece yüksek enerjili parçacıklar kullanarak çok küçük uzunlukları araştırırsak, uzay-zamanın on veya on bir boyutlu olduğunu görürüz.




Şekil 7.6

*Çıplak gözle bakıldığında bir saç teli, çizgiye benzer; sadece uzunluk boyutuna sahipmiş gibi görünür. Uzay-zaman da, benzer şekilde, bize dört boyutlu görünebilir, ancak çok yüksek enerjili parçacıklarla araştırıldığında, on veya on bir boyutlu görünebilir.*



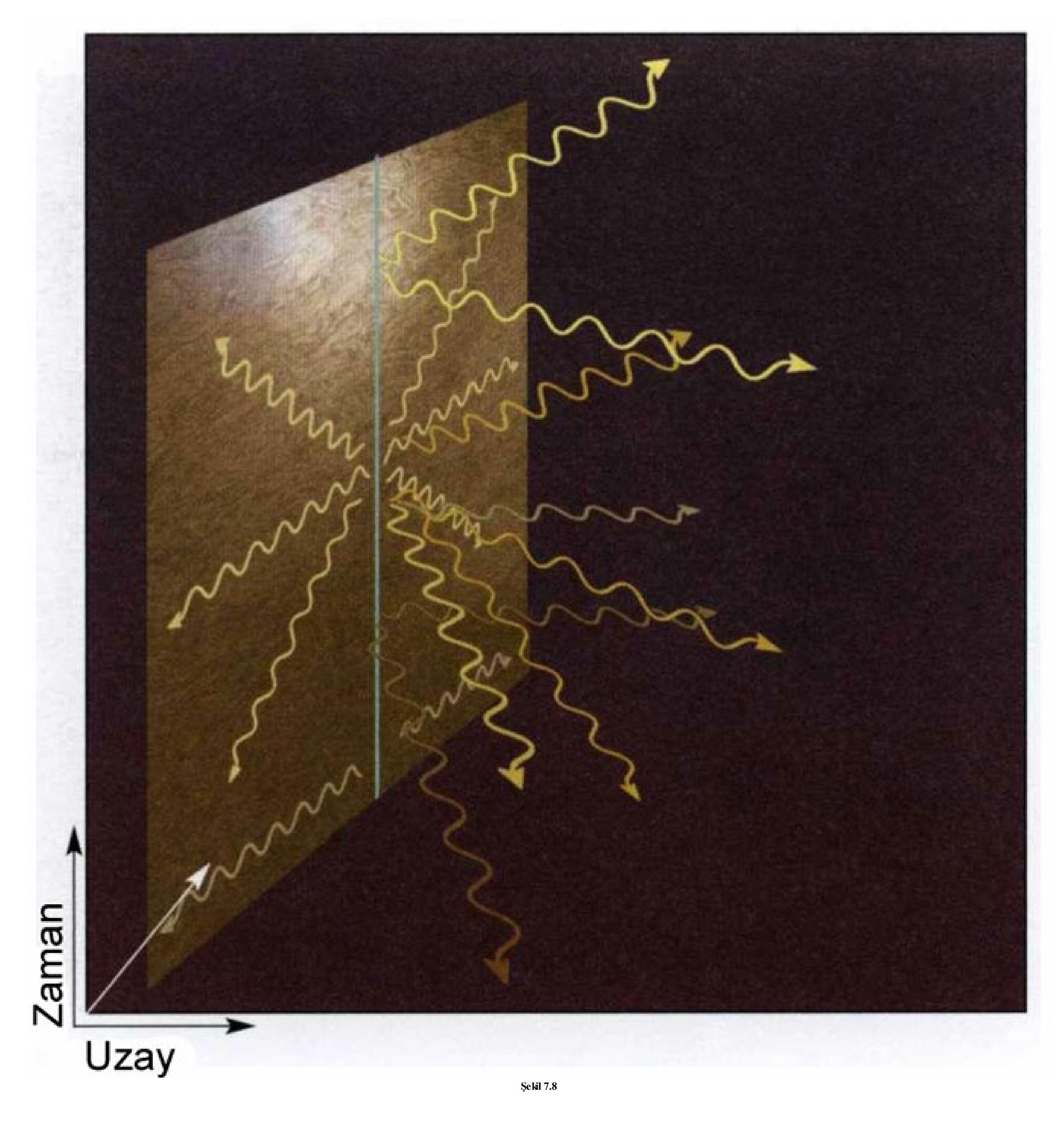
**Şekil 7.7**
**Zar Dünyalar**

*Elektrik kuvveti zara hapis olacak ve elektronların, atomların çekirdekleri etrafında kararlı bir yörüngeye sahip olacağı, doğru değere düşecektir.*

Ek boyutlar çok küçük olursa, gözlemlenmeleri hayli güçleşir. Bununla birlikte, son zamanlarda, bu ek boyutlardan birinin veya daha fazlasının, göreceli olarak daha büyük, hatta sonsuz olabileceği hakkında bir varsayım ortaya çıktı. Bu fikir, (en azından benim gibi bir pozitivist için) bir sonraki parçacık hızlandırıcı nesli veya kütle çekim kuvvetlerinde yapılan, duyarlı, kısa menzilde gerçekleştirilen ölçümler tarafından sınanması gibi büyük bir avantaja sahiptir. Böyle gözlemler, bu kuramı çürütebilir veya başka boyutların varlığını deneysel açıdan doğrulayabilir.

Büyük ek boyutlar, mükemmel modeli veya kuramı arayışımızdaki, heyecan verici, yeni bir

gelişmedir. Bir zar dünyasında, yani daha fazla boyuta sahip bir uzay-zamandaki dört boyutlu bir yüzey veya zarda yaşadığımızı ima ederler.




Şekil 7.8

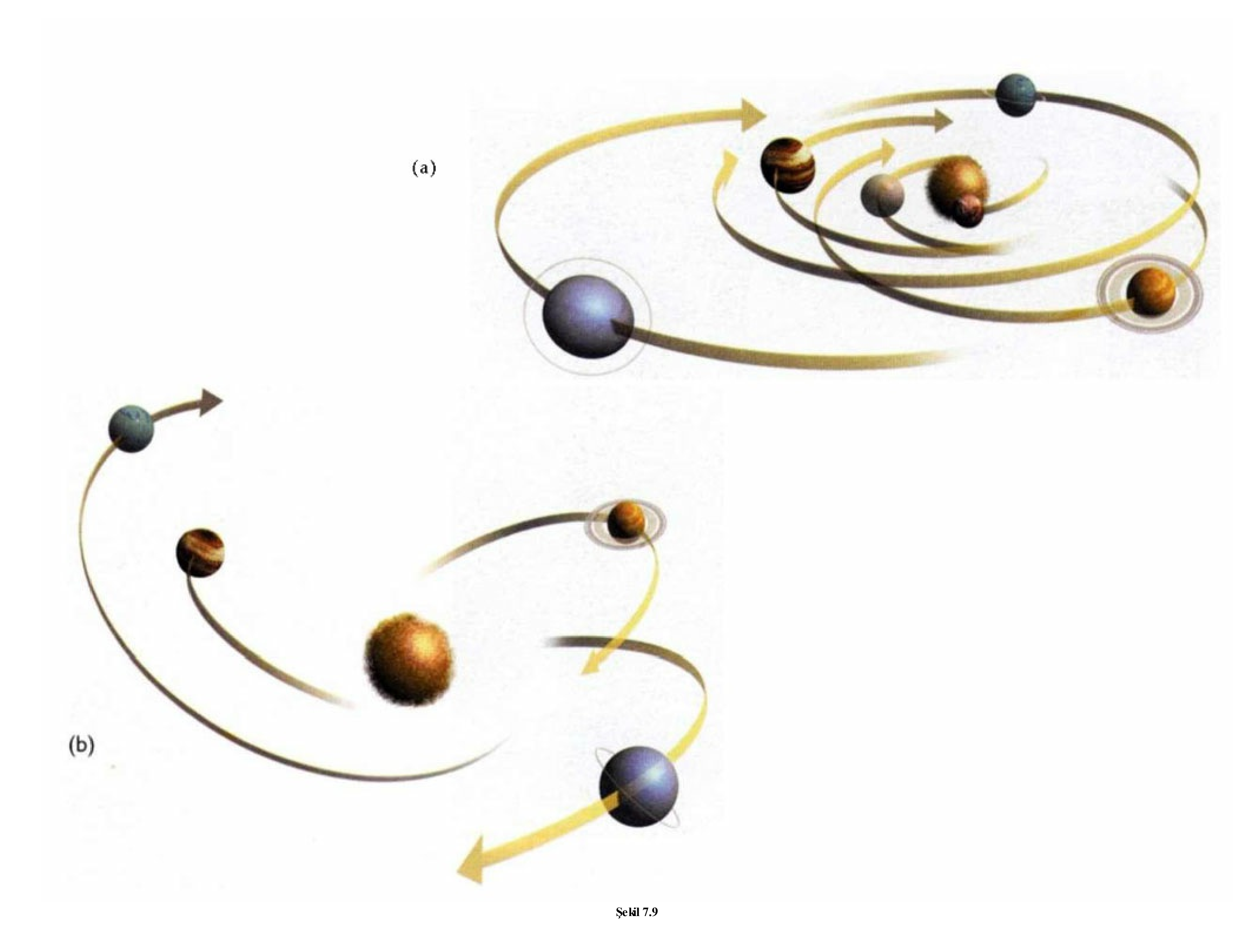
*Kütle çekim, zar içinde etkili olduğu kadar, ek boyutlara da yayılacak ve uzaklıkla birlikte dört boyuttakine göre daha hızlı bir düşüş gösterecektir.*

Madde ve elektrik kuvveti gibi kütle çekim harici kuvvetler zara hapis olacaktır. Böylece kütle çekimini kapsamayan her şey, dört boyutta davranacağı gibi davranacaktır. Özellikle de, atomun çekirdeği ile etrafında dönen elektronlar arasındaki elektrik kuvveti, uzaklıkla doğru oranda bir düşüş

gösterecek, böylece atomlar, elektronların çekirdeğe düşmesine karşı kararlı olacaktır (Şekil 7.7).

Bu durum, evrenin düşünsel biçimi için uygun olması gerektiğini söyleyen antropik ilkeyle uyum gösterecektir, eğer atomlar kararlı olmasaydı, biz evreni gözlemlemek ve dört boyutlu görünmesinin sebebini sormak üzere burada bulunamazdık.

Buna karşın, bükülmüş uzay-zaman biçimindeki kütle çekim, daha fazla boyuta sahip uzay-zamanın tamamına nüfuz edecektir. Yani, kütle çekim, gördüğümüz diğer kuvvetlerden farklı davranacaktır: kütle çekim bu ek boyutlara yayılacağı için, mesafeyle birlikte beklendiğinden daha hızlı bir düşüş gösterecektir (Şekil 7.8).

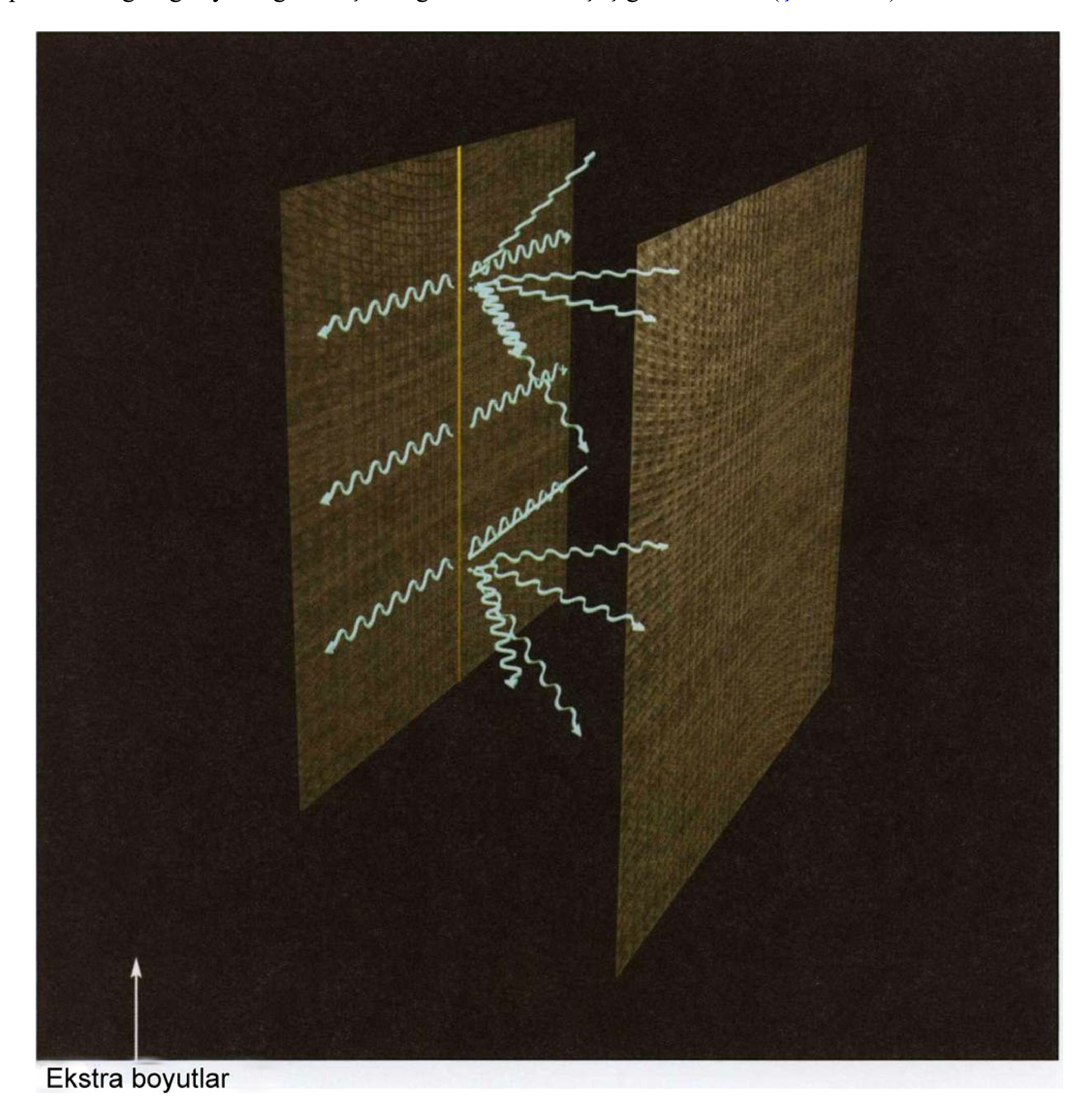



Şekil 7.9

*Kütle çekim kuvvetinin büyük uzaklıklarda daha hızlı bir düşüş göstermesi, gezegen yörüngelerinin kararsız olacağı anlamına gelir. Gezegenler ya Güneş'e düşecek (a), ya da hep birlikte çekiminden kurtulacaktır (b).*

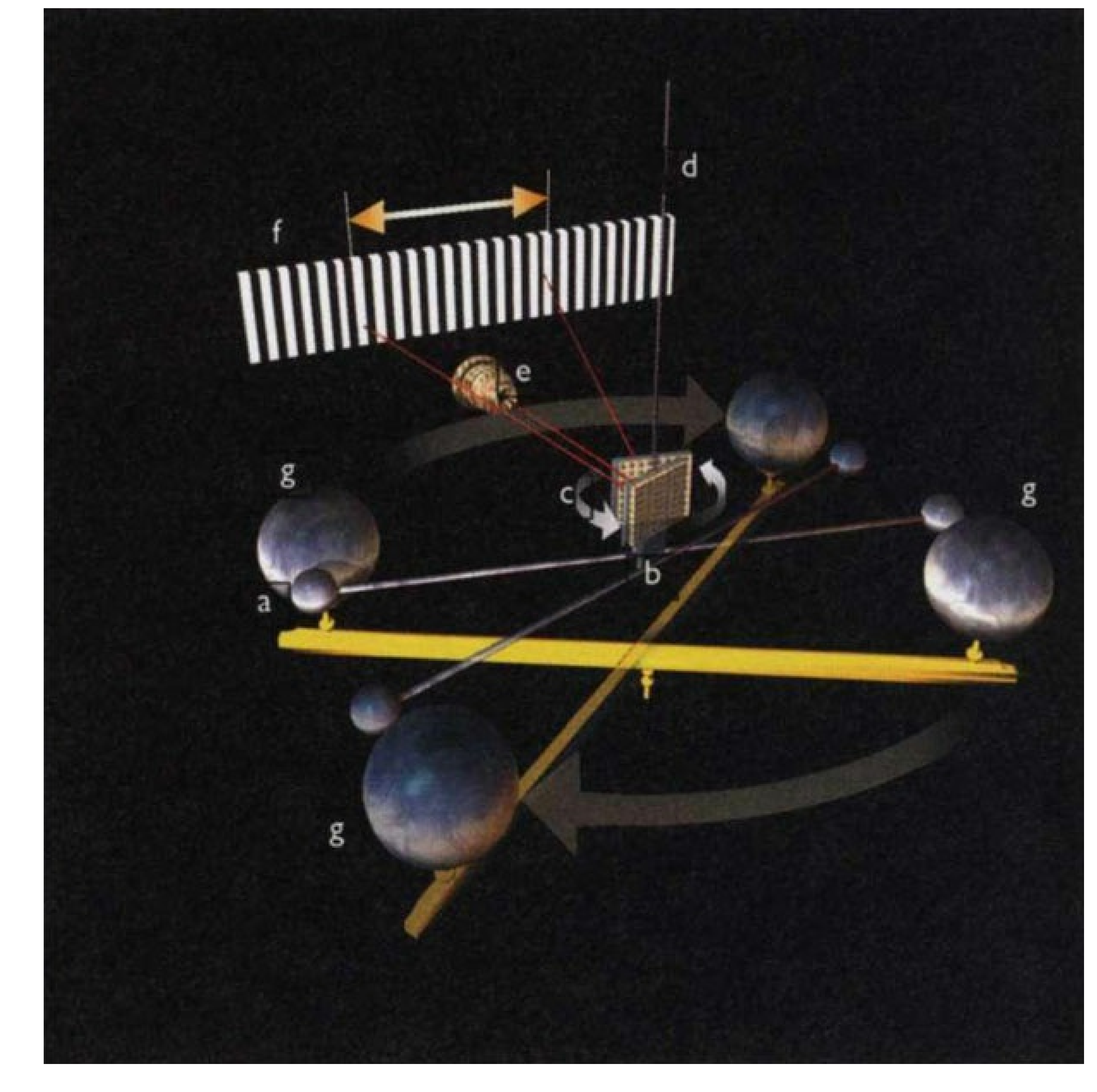
Kütle çekim kuvvetindeki bu hızlı düşüş, astronomik uzaklıklara yayılsaydı, etkisini gezegenlerin yörüngelerinde fark ederdik. Yörüngeler, Bölüm 3'te de belirttiğimiz gibi, aslında kararsız olurdu: gezegenler ya Güneş'e düşer, ya da yıldızlararası boşluğun karanlık ve soğuk bölgesine doğru uzaklaşırdı (Şekil 7.9).

Bununla birlikte, ek boyutlar, üzerinde yaşadığımız zardan fazla uzakta olmayan başka bir zarda son bulursa, sözünü ettiğim durum gerçekleşmez. Zarlar arasındaki uzaklıktan daha büyük mesafeler söz konusu olduğunda, kütle çekim serbestçe yayılamayacak ve tıpkı elektrik kuvvetleri gibi, zara hapis olarak gezegen yörüngeleri için doğru hızda bir düşüş gösterecektir (Şekil 7.10).




**Şekil 7.10**

*Zar dünyamızın yakınındaki ikinci bir zar, kütle çekimin ek boyutlarda daha fazla yayılmasını engelleyecek ve böylece kütle çekim, zarlar arasındaki uzaklıktan daha büyük mesafelerde, dört boyutta beklenen hızla düşüş gösterecektir.*




**Şekil 7.11**
**Cavendish Deneyi**

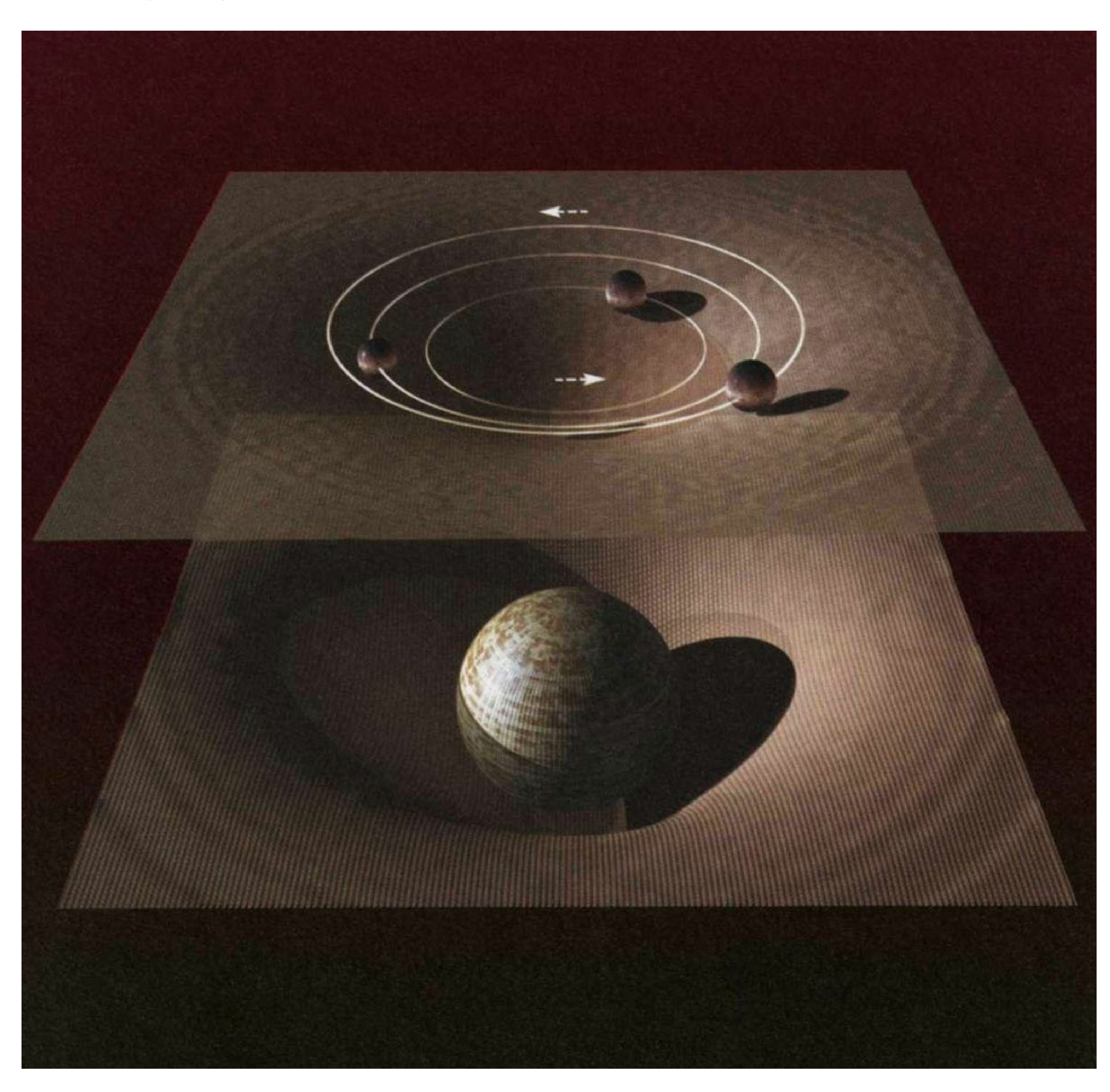
*Lazer demeti (e), bölünmeli bir yüzeye (f) yansıtılmak yoluyla, ince çubuğun yaptığı herhangi bir dönüşü belirlemektedir. Kurşundan yapılmış küçük iki küre (a), ince çubuğa (b) eklenmiş ve üzerine küçük bir ayna yerleştirilerek, bükülebilen bir telle serbest biçimde sallandırılmıştır.*

*Kurşundan yapılmış büyük iki küre (g). dönen başka bir çubuk üzerinde, küçük kürelerin yanına yerleştirilmiştir. Büyük küreler zıt yönde dönerken, ince çubuk salınım yapar ve yeni bir konuma gelir.*

Buna karşın, zarlar arasındaki uzaklıktan daha küçük mesafeler söz konusu olduğunda, kütle çekim daha hızlı değişecektir. Ağır nesneler arasındaki çok küçük kütle çekim kuvveti laboratuarda

tam olarak ölçülmüştür, ancak şimdiye kadar yapılan deneylerle, aralarında birkaç milimetreden daha az uzaklık bulunan zarların etkileri ortaya çıkarılamayacaktır. Şu anda, daha kısa uzaklıklarda, yeni ölçümler yapılıyor (Şekil 7.11).

Bu zar dünyasında, bir zar üzerinde yaşayacaktık, ancak yakınımızda başka bir "gölge" zar bulunacaktı. Işık, zarlara hapis olacağı ve aralarındaki boşluğa yayılamayacağı için, gölge dünyayı göremeyecektik. Ancak gölge zardaki maddenin kütle çekim etkisini hissedecektik. Bu tür kütle çekim kuvvetleri bizim zarımızda gerçekten "karanlık" kaynaklar tarafından üretiliyormuş gibi görünecek, bu kaynakları sadece kütle çekimlerinden ortaya çıkarabilecektik (Şekil 7.12). Aslında, yıldızların galaksimizin merkezi etrafındaki dönüş hızını açıklamak için, öyle görünüyor ki, gözlemlediğimiz maddelerin sahip olduğundan daha fazla kütle bulunmalıdır.



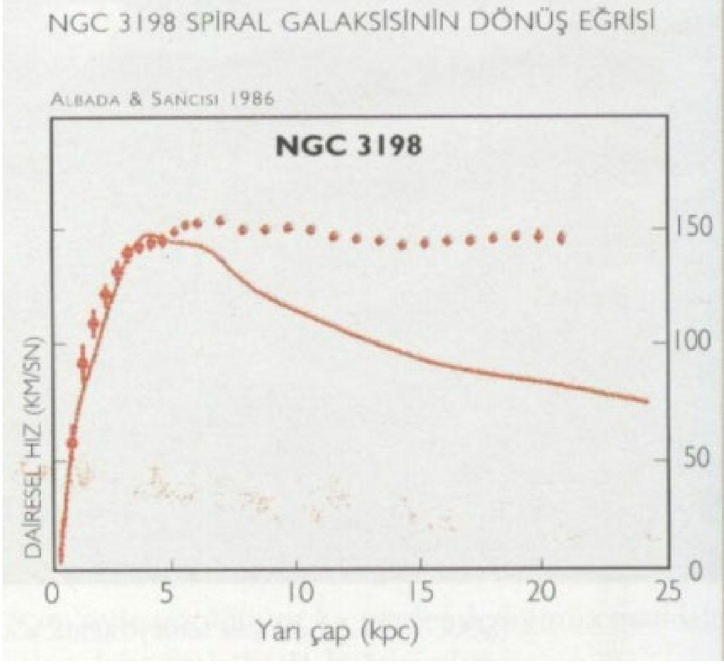
## Şekil 7.12

*Zar dünyası senaryosunda, kütte çekimin ek boyutlara nüfuz etmesi nedeniyle, gezegenler bir gölge zar üzerindeki karanlık bir kütle etrafında dönebilir.*

**Karanlık Maddenin Kanıtı**

Çeşitli kozmolojik gözlemlere göre, galaksimizde ve diğer galaksilerde, gördüğümüzden çok daha fazla madde bulunmalıdır. Bu gözlemlerin en inandırıcısı; Samanyolu'na benzer spiral galaksilerin dış taraflarındaki yıldızların, sadece gözlemlediğimiz yıldızların kütle çekim kuvveti tarafından tutulmayacak, kadar hızlı dönmesidir

1970'lerden beri, spiral galaksilerin dış bölgelerindeki yıldızların (diyagramdaki noktalar ile belirtilen) gözlemlenen dönme hızları ile Newton kanunlarına göre, galaksideki görünen yıldızların dağılımından beklenen yörünge hızlan (diyagramdaki kesintisiz eğri) arasında bir farklılık olduğunu biliyoruz. Bu fark, spiral galaksilerin dış kısımlarında çok daha fazla madde bulunması gerektiğine işaret eder.

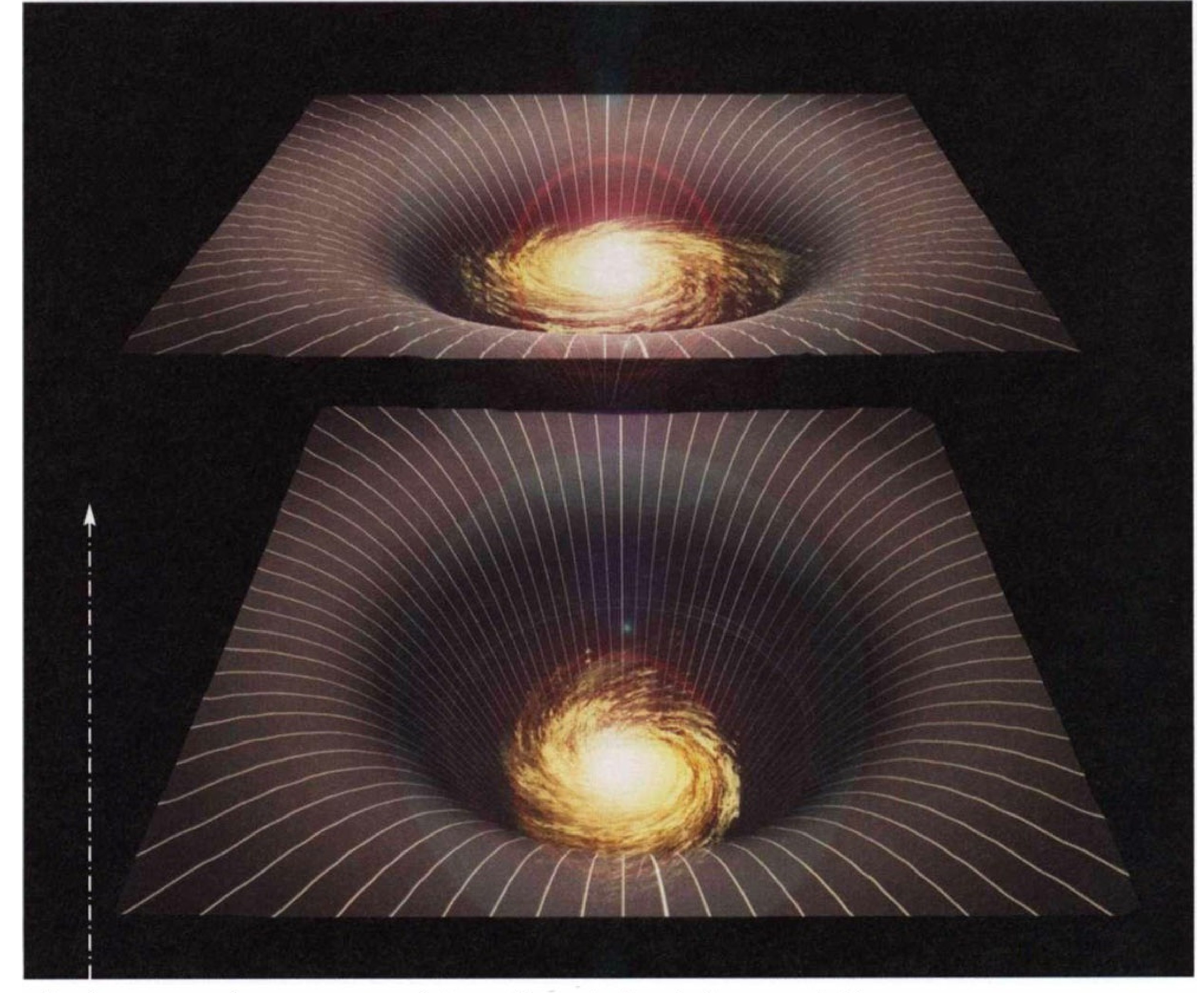




**Karanlık Maddenin Yapısı**

Kozmologlar, spiral galaksilerin merkezi kısımlarının sıradan yıldızlardan oluştuğuna, ancak dış kısımlarına, doğrudan göremediğimiz karanlık maddenin egemen olduğuna artık inanıyor. Ancak galaksilerin bu dış bölgelerindeki karanlık maddenin baskın biçiminin keşfedilmesi, ana sorunlardan bindir. 1980'lerden önce çoğunlukla, bu karanlık maddenin, henüz belirlenemeyen bir biçimdeki; proton, nötron ve elektronlardan oluşan, sıradan bir madde olduğu düşünülüyordu. Belki de gaz bulutları veya MACHO'lar - beyaz cüceler, nötron yıldızları, hatta kara delikler gibi "büyük yoğun, hale şeklindeki nesneler (massive compact halo objects)" - biçimindeydi.

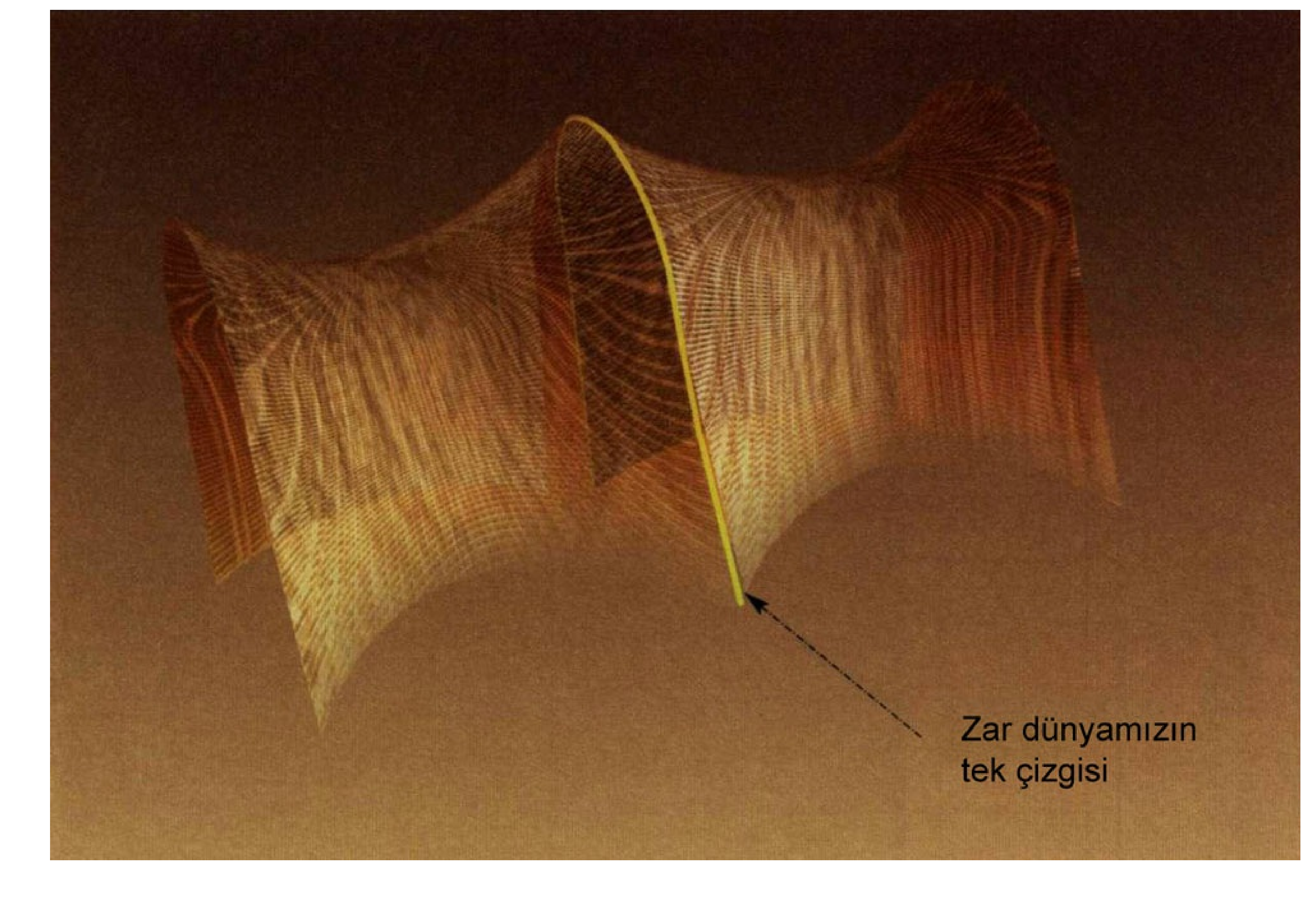
Bununla birlikte, galaksilerin oluşumu hakkında yakın zamanda yapılan çalışmalar, kozmologları, karanlık maddenin önemli bir oranının, sıradan maddeden faklı bir biçimde olması gerektiğine inandırdı. Bu karanlık madde belki de, aksionlar veya nötrinolar gibi, çok hafif elementer parçacıkların kütlelerinden kaynaklanıyordur. Hatta, modem kuramlar tarafından öngörülen, ancak henüz deneysel olarak belirlenmemiş WIMP'ler -"zayıf şekilde etkileşim yapan büyük parçacıklar (we-akly interacting massive particles)" - gibi daha egzotik parçacık türlerinden bile oluşabilir.




**Şekil 7.13**

*Bir gölge zar üzerindeki bir gölge galaksiyi göremeyiz, çünkü ışık ek boyutlara nüfuz etmeyecektir. Ancak, kütle çekim, ek boyutlara nüfuz edecektir, böylece galaksimizin dönüşü karanlık maddeden, yani göremediğimiz maddeden etkilenecektir.*

Bu kayıp kütle, WIMP (weakly interacting massive particles -zayıf şekilde etkileşim yapan büyük parçacıklar) veya aksionlar (çok hafif, elementer parçacıklar) gibi egzotik bazı parçacık türlerinden kaynaklanıyor olabilir. Ancak kayıp kütle, içinde madde bulunan bir gölge dünyanın varlığının kanıtı da olabilir. Belki de, gölge yıldızların, gölge galaksinin merkezi etrafındaki yörüngelerine açıklama getirecek, kendi dünyalarında kayıp görünen kütleyi merak eden küçük insancıklar içeriyordur (Şekil 7.13).

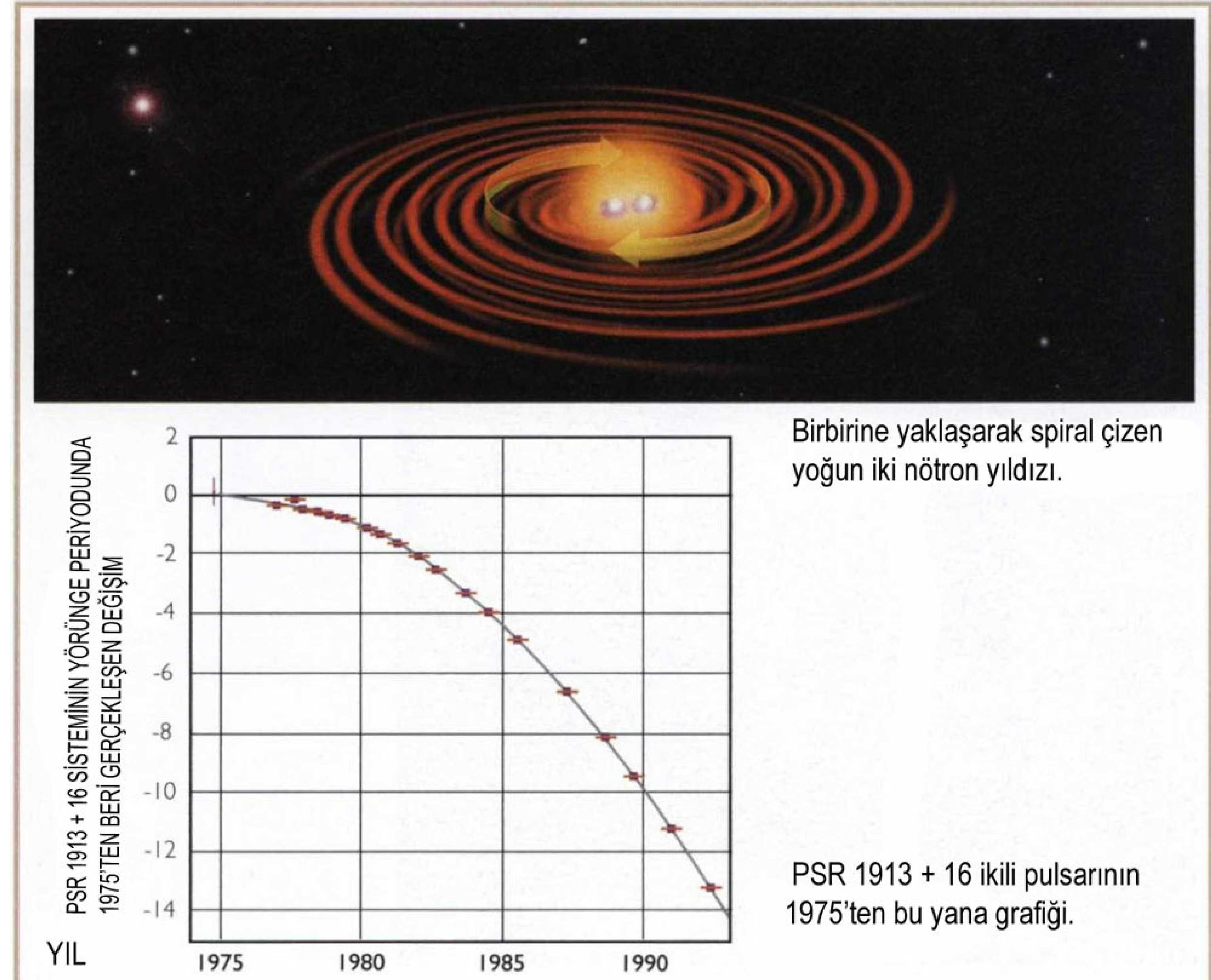



**Şekil 7.14**

*Randall-Sundrum modelinde, sadece tek bir zar vardır (burada, sadece bir boyutta gösteriliyor). Ek boyutlar sonsuzluğa uzanır, ancak bir semer gibi bükülmüştür. Bu eğrilik zar üzerindeki maddeye ait kütle çekim alanının bu ek boyutlara daha fazla yayılmasını engeller.*

Başka bir olasılık ise, ek boyutların ikinci bir zarda son bulmak yerine, tıpkı bir semer gibi sonsuz, ancak son derece kıvrık olmasıdır (Şekil 7.14). Lisa RandalI ve Raman Sundrum, bu tür bir eğriliğin, daha çok ikinci bir zar gibi davranacağını gösterdi; zar üstündeki bir nesnenin kütle çekim etkisi, bu zarın yakınındaki bir yerle sınırlanacak ve ek boyutlarda sonsuzluğa yayılmayacaktır. Kütle çekim alanı, gölge zar modelinde de olduğu gibi, gezegen yörüngelerine ve laboratuarda yapılan kütle çekim kuvveti ölçümlerine açıklama getirecek, uzak mesafelerde gözlenen, uygun düşüşü gösterecek, ancak kütle çekim kısa aralarda daha çabuk değişecektir.

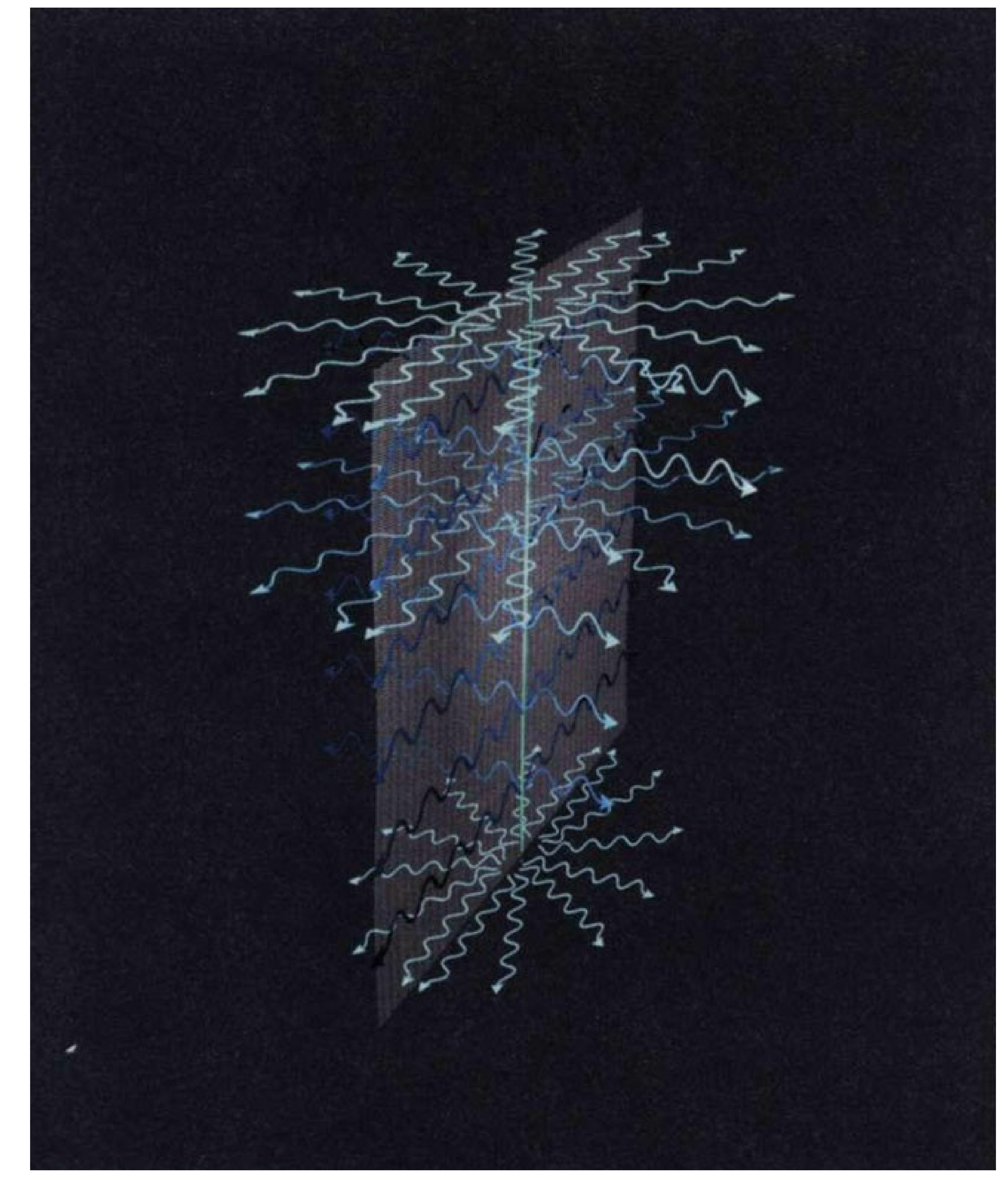
Bununla birlikte, bu Randall-Sundrum modeli ile gölge zar modeli arasında önemli bir fark vardır. Kütle çekim etkisi altında hareket eden kitleler, kütle çekim dalgaları, yani uzay-zamanda ışık hızında ilerleyen eğrilik dalgalanmaları yaratacaktır. Kütle çekim dalgaları, tıpkı elektromanyetik ışık dalgaları gibi enerji taşımalıdır,- bu öngörü, PSR 1913 + 16 ikili pulsarında yapılan gözlemler tarafından doğrulanmıştır.




**İkili Pulsar**

Genel görelilik, kütle çekim etkisi altında hareket eden ağır kütlelerin, kütle çekim dalgaları yayacağını öngörür. Kütle çekim dalgaları, tıpkı ışık dalgaları gibi, onları yayan nesnelerden enerji götürür. Bununla birlikte, enerjinin kaybolma hızı, çoğunlukla, son derece düşüktür. Bu yüzden de gözlemlenmesi çok zordur. Örneğin; kütle çekim dalgalarının yayılması, Dünya'nın Güneş'e doğru yavaş bir şekilde spiral çizmesine neden olur, ancak çarpışmalarına daha 1027 yıl vardır.

Ancak Russel Hulse ve Joseph Taylor 1975'te PSR 1913 +16 ikili pulsarını keşfetti; bu pulsar, aralarında sadece güneşin yarıçapı kadar bir uzaklıkta, birbiri etrafında dönen, yoğun iki nötron yıldızından oluşmuş bir sistemdi. Genel göreliliğe göre, bu hızlı hareket güçlü bir kütle çekim dalgası sinyalinin yayılması nedeniyle, bu sistemin yörünge periyodunun çok daha kısa bir zaman ölçeğinde azalacağı anlamına gelir. Genel görelilik tarafından öngörülen bu değişim, Hulse ve Taylor tarafından yörünge parametrelerinde yapılan dikkatli gözlemlerle mükemmel bir uyum gösterir, bu gözlemler, periyodun 1975'ten beri on saniyeden daha fazla kısaldığını belirtir. Hulse ve Taylor, genel görelilikle ilgili yaptıkları bu doğrulamadan dolayı, 1992'de Nobel Ödülü'nü aldılar.



**Şekil 7.15**

*Randall-Sundrum modelinde, kısa dalga boylarına sahip kütle çekim dalgaları. zar üzerindeki kaynaklardan enerji götürerek enerjinin korunumu kanunun açık şekilde çiğnenmesine neden*

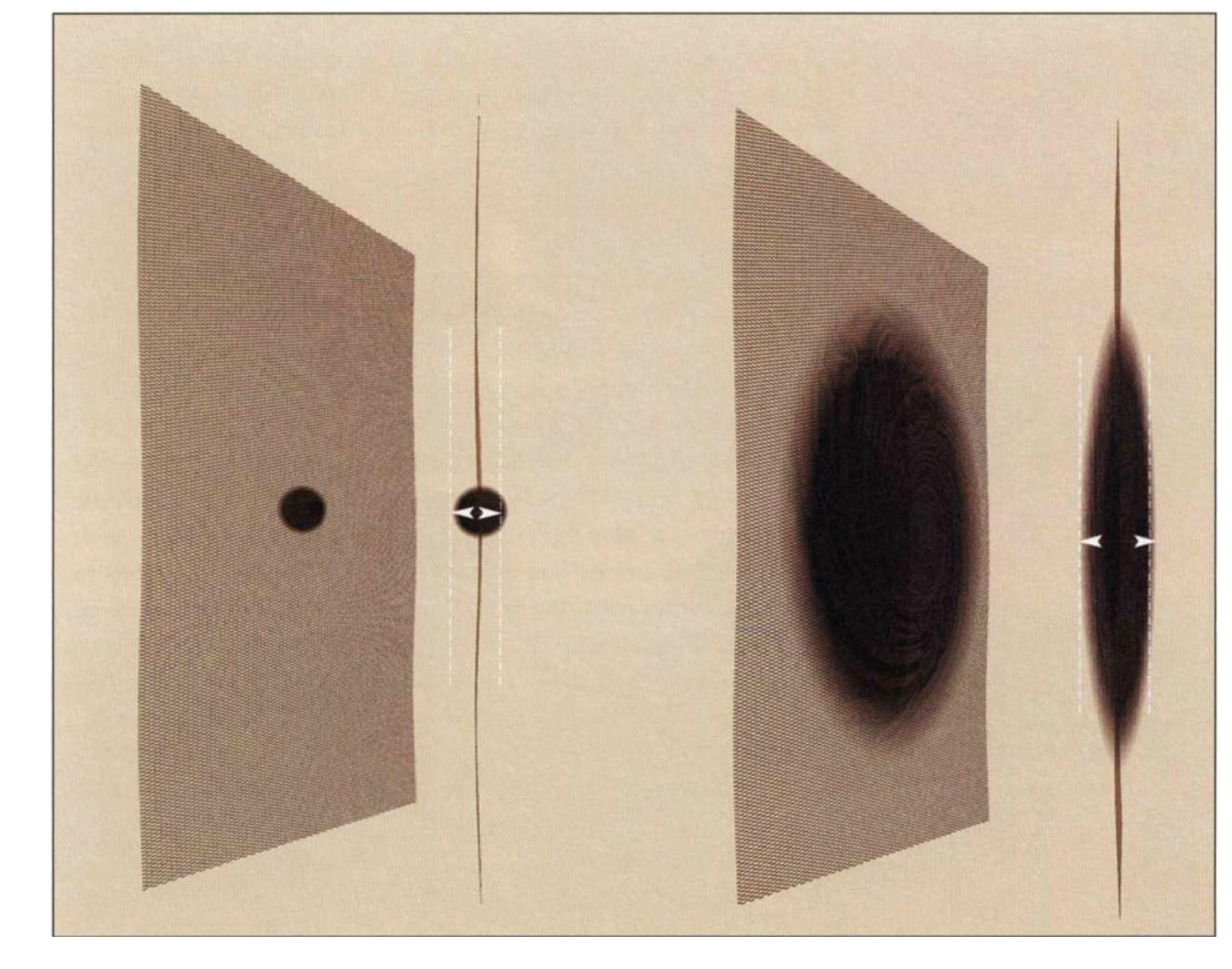
*olabilir.*

Gerçekte, ek boyutlara sahip bir uzay-zamandaki bir zar üzerinde yaşıyorsak, bu zar üzerindeki kitlelerin hareketleriyle üretilen kütle çekim dalgaları diğer boyutlara ilerleyecektir. Eğer ikinci bir gölge zar varsa, kütle çekim dalgalan geri yansıyarak iki zar arasında sıkışacaktır. Buna karşın, Randall-Sundrum modelinde de olduğu gibi, sadece tek bir zar varsa ve ek boyutlar hep devam ediyorsa, kütle çekim dalgaları birlikte uzaklaşacak ve zar dünyamızdan enerji götürecektir (Şekil 7.15)

Bu durum, fiziğin temel ilkelerinden birinin çiğnenmesi gibi görünür: Enerjinin Korunumu Kanunu. Toplam enerji miktarı aynı kalır. Bununla birlikte, bu durumun bir aykırılık gibi görünmesinin tek sebebi, gerçekleşenler hakkındaki bakış açımızın zarla kısıtlı olmasıdır. Ek boyutları görebilen bir melek, enerjinin aynı olduğunu, sadece daha fazla yayıldığını bilecektir.

Birbiri etrafında dönen iki yıldız tarafından yaratılan kütle çekim dalgaları, ek boyuttaki semer biçimindeki eğriliğin yarı çapından daha uzun bir dalga boyuna sahip olacaktır. Yani, bu dalgalar - kütle çekim kuvveti gibi - zarın yakınındaki küçük bir bölgeye hapis olarak ek boyutlara fazla yayılmayacak veya zardan fazla enerji götürmeyecektir. Buna karşın, ek boyutların bükülme ölçeğinden kısa olan kütle çekim dalgaları, zar çevresinden kolaylıkla kaçacaktır.

Önemli miktarlardaki kısa kütle çekim dalgalarının yegane kaynakları olarak kara delikler görünür. Bu zar üzerindeki bir kara delik, ek boyutlardaki bir kara deliğe uzanır. Eğer bu kara delik küçükse, hemen hemen yuvarlak olacaktır; yani, ek boyutlara zardaki boyutu kadar uzanacaktır. Buna karşın, bu zar üzerindeki büyük bir kara delik, zar üzerindeki bir çevreyle sınırlanan ve (ek boyutlardaki) kalınlığı (zar üstündeki) genişliğinden çok daha az olan bir "kara gözleme"ye uzanacaktır (Şekil 7.16).



**Şekil 7.16**

*Zar üzerinde bulunan dünyamızdaki bir kara delik ek boyutlara uzanacaktır. Eğer kara delik küçükse, neredeyse yuvarlak olacak ancak zar üstündeki büyük bir kara delik ek boyutta gözleme şeklinde bir kara deliğe uzanacaktır.*

Kuantum kuramı, Bölüm 4 te de açıkladığımız üzere, kara deliklerin tamamen kara olmadığını kasteder. Kara delikler, sıcak kitleler gibi, her türde parçacık ve radyasyon yayacaktır. Bu parçacıklar ve radyasyon benzeri ışıklar zar boyunca yayılacaktır, çünkü madde ve elektrik gibi kütle çekim harici kuvvetler zara hapis olur. Bununla birlikte, kara delikler kütle çekim dalgaları da yayar. Bunlar zara hapis olmayacak ve ek boyutlarda da ilerleyecektir. Eğer kara delik büyükse ve gözlemeye benziyorsa, kütle çekim dalgaları zarın yakınında kalacaktır. Yani kara delik, dört boyutlu bir uzay-zamandaki bir kara delikten beklenen bir hızda enerji (ayrıca bu nedenle, $E=mc^2$ eşitliğine göre kütle de) kaybedecektir. Kara delik, bu yüzden, semer benzeri ek boyutların eğriliğinin yarı çapından küçük kalıncaya kadar buharlaşacak ve küçülecektir. Kara delik tarafından yayılan kütle çekim dalgaları, bu noktada, ek boyutlara doğru serbest bir şekilde kaçmaya başlayacaktır. Kara delik - veya Michell tarafından adlarıdırıldığı gibi, karanlık yıldız (bakınız Bölüm 4) - zar üstündeki bir kişiye, karanlık radyasyon, yani zar üzerinde doğrudan gözlemlenemeyen ancak kara deliğin kütle

kaybetmesinden varlığı anlaşılabilecek bir radyasyon yayıyormuş gibi görünür.



**Şekil 7.17**

*Bir zar dünyasının oluşumu, kaynayan sudaki buhar kabarcıklarının oluşmasına benzeyebilir.*

Yani, buharlaşan bir kara delikten kaynaklanan en son radyasyon patlaması, eskisine göre daha güçsüz görünecektir. Belki de bu nedenle, ölen kara deliklere yorulabilecek gama ışını patlamaları gözlemlemedik, ancak bunun daha tatsız diğer açıklaması ise, evrende şimdiye kadar buharlaşacak

yeterince küçük kütleye sahip fazla kara deliğin bulunmamasıdır.

Zar dünyasındaki kara deliklerden gelen radyasyon, bir zara girip çıkan parçacıkların kuantum titreşimlerinden kaynaklanır. Ama, zarların kendisi, evrendeki diğer her şey gibi, kuantum titreşimlerine bağımlı olacaktır. Bunlar, zarların ard arda görünüp kaybolmasına neden olabilir. Bir zarın kuantum yaratılışı, biraz da olsa, kaynar sudaki buhar kabarcıklarının oluşmasına benzer. Sıvı su, en yakın komşularıyla birleşen, bir araya gelmiş milyarlarca ve milyarlarca $H_20$ molekülünden oluşur. Su ısıtıldığında, moleküller daha hızlı hareket eder ve birbirine çarparak seker. Bu çarpışmalar moleküllere zaman zaman o kadar yüksek bir hız verir ki, bu moleküllerden bir kısmı bağlarından kurtulacak ve su ile çevrili bir buhar kabarcığı oluşturacaktır. Bu kabarcık, sıvıdaki daha fazla molekülün buhara, veya buhardaki daha fazla molekülün sıvıya katılmasıyla, rastsal bir biçimde büyüyecek veya küçülecektir. En küçük kabarcıklar tekrar sıvı hale dönecek, ancak birkaçı, ötesinde kabarcıkların büyümeye devam etmesinin neredeyse kesin olduğu belirli, kritik bir boyuta ulaşacaktır. Su kaynarken gözlemlenen, işte bu büyük, genişleyen kabarcıklardır (Şekil 7.17).



Zar dünyalarının davranışı da benzer olacaktır. Belirsizlik ilkesi, zar dünyalarının kabarcık şeklinde, yoktan var olmalarına olanak tanıyacak ve zar, kabarcığın yüzeyini, daha fazla boyuta sahip uzaysa iç kısmını oluşturacaktır. Çok küçük kabarcıklar yine yok olacak, ancak kuantum titreşimleriyle belirli, kritik bir boyuta ulaşan bir kabarcık olasıdır ki, büyümeye devam edecektir. Zar üstünde, yani kabarcığın yüzeyinde yaşayan insanlar (mesela biz), evrenin genişlediğini düşünecektir. Bu durum, bir balonun üzerine galaksi resimleri yapıp balonu şişirmeye benzer. Galaksiler birbirinden uzaklaşacak, ancak hiçbir galaksi genişlemenin merkezi olmayacaktır. Dua edelim de, elinde kozmik bir iğne olan biri balonu söndürmeye kalkışmasın.

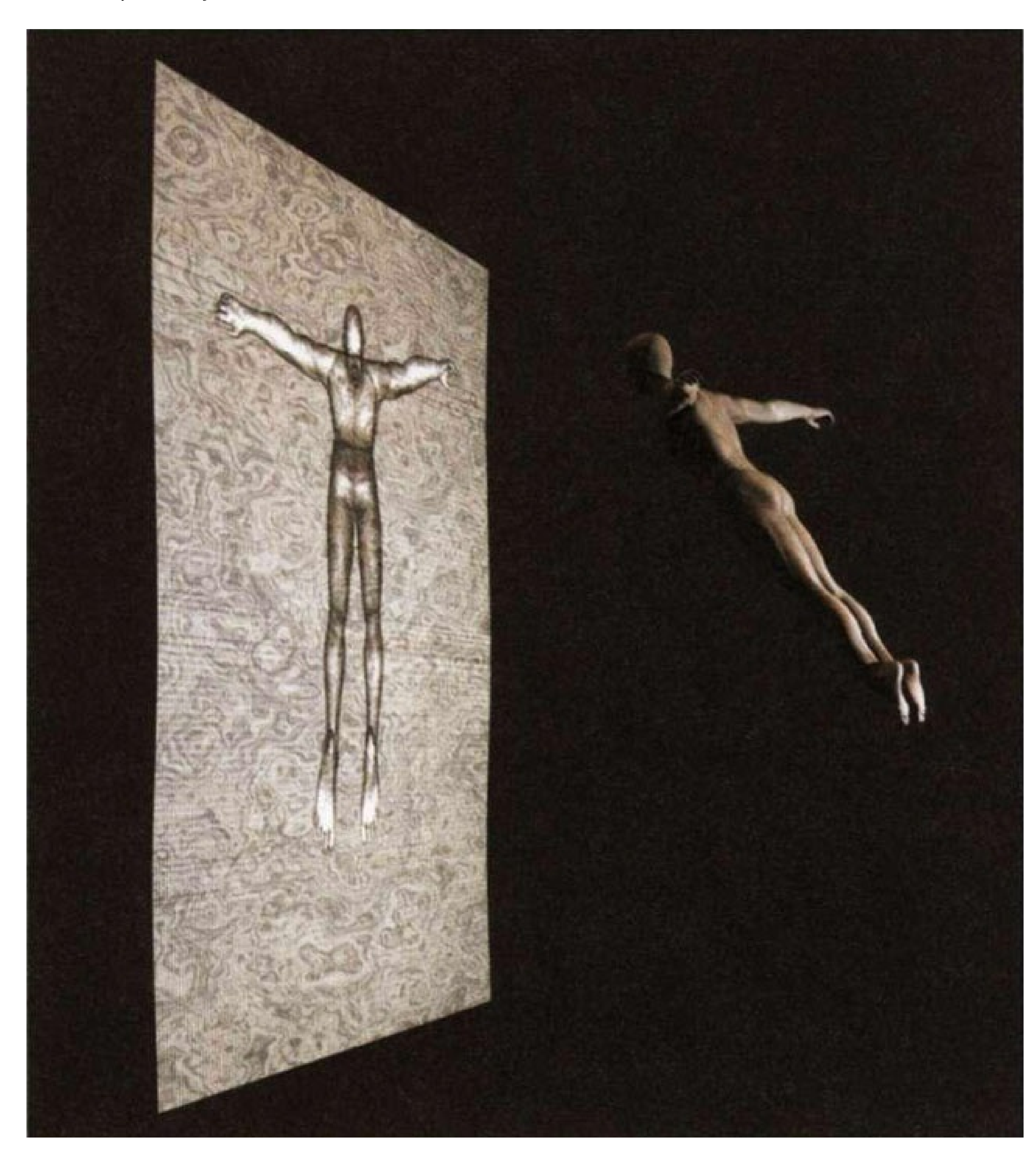
Bir zar dünyasının kendiliğinden yaratılışı, Bölüm 3'te açıkladığımız sınırsızlık önermesine göre, hayali zamanda, bir ceviz kabuğuna benzeyen bir geçmişe sahip olacaktır. Yani bu, Dünya'nın yüzeyine benzeyen, ancak fazladan iki boyutu daha olan, dört boyutlu bir uzay olacaktır. Aradaki önemli fark ise, Bölüm 3'te açıkladığımız ceviz kabuğunun aslında boş olmasıdır. Dört boyutlu uzay hiçbir şeyin sınırı olmayacak ve M kuramının öngördüğü, uzay-zamanın diğer altı veya yedi boyutu da kıvrılarak, ceviz kabuğundan daha bile küçülecektir. Bununla birlikte; bu ceviz kabuğu, yeni zar dünyası tablosunda dolu olacaktın üzerinde yaşadığımız zarın hayali zamandaki geçmişi, geriye kalan beş veya altı boyutun kıvrılarak küçüldüğü beş boyutlu bir kabarcığın sınırı olan dört boyutlu bir küre olacaktır (Şekil 7.18).



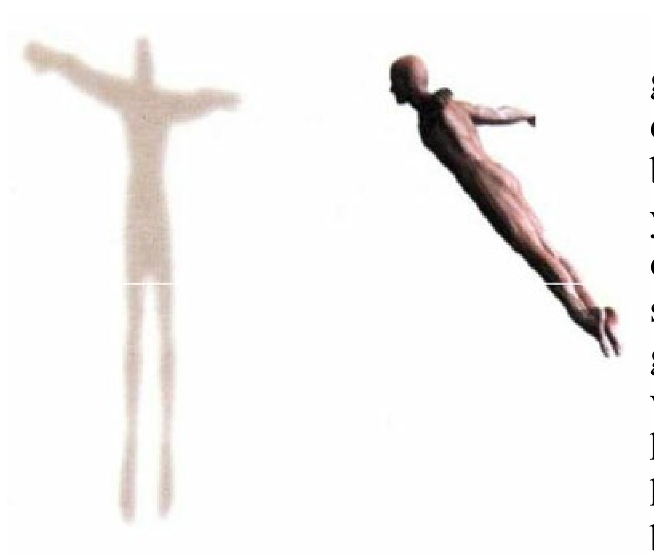

**Şekil 7.18**

*Evrenin başlangıcı hakkındaki zar dünyası tablosu, Bölüm 3'te bahsedilenden farklılık gösterir, çünkü hafifçe düzleşmiş, dört boyutlu küre, veya ceviz kabuğu, artık boş değildir ve içi,*

*beşinci bir boyut tarafından doldurulmuştur.*



*Holografi, uzayın bir bölgesindeki bilgileri, bir boyutu eksik bir yüzeye kodlar. Olay ufku alanının bir kara deliğin içsel durumlarını ölçmesiyle de gösterildiği üzere, kütle çekimin bir özelliğiymiş gibi görünür. Holografi bir zar modelinde, dört boyutlu dünyamızdaji durumlar ile daha fazla boyuttaki durumlar arasındaki birebir bir uygunluk olacaktır. Pozitivist bir bakış açısından, hangi tanımın gerçeğe daha uygun olduğu söylenemez.*



Zarın hayali zamandaki bu geçmişi, gerçek zamandaki geçmişini belirleyecektir. Zar, gerçek zamanda, Bölüm 3'te de açıkladığımız gibi, ivmelenen bir şekilde şişkinlik yapan bir biçimde genişleyecektir. Mükemmel ölçüde pürüzsüz ve yuvarlak bir ceviz kabuğu, kabarcığın hayali zamandaki en olası geçmişi olacaktır. Bununla birlikte, bu, gerçek zamanda şişkinlik yaparak daima genişleyen bir zara karşılık gelecektir. Böyle bir zarın üstünde galaksiler oluşmayacak ve bu yüzden zeki yaşam biçimleri de gelişmeyecektir. Buna karşın, mükemmel ölçüde pürüzsüz ve yuvarlak olmayan hayali zaman geçmişlerinin daha düşük olasılıkları bulunacak, ancak zarın başta ivmelenerek şişkinlik yapan bir şekilde genişlediği fakat sonra yavaşlamaya başladığı gerçek zaman davranışına karşılık gelebilecektir. Yavaşlayan bu gelişme sırasında, galaksiler ortaya çıkmış ve düşünsel yaşam biçimleri gelişmiş olabilir. Bu şekilde, Bölüm 3'te açıkladığımız antropik ilkeye göre, evrenin başlangıcının mükemmel ölçüde pürüzsüz olmamasının sebebini soran zeki varlıklar tarafından gözlemlenen ceviz kabukları sadece, bir miktar saçı bulunanlardır.

Zar genişlerken, içindeki daha fazla boyuta sahip uzayın hacmi artacaktır. Nihayet, üzerinde yaşadığımız zarla çevrelenen muazzam bir kabarcık ortaya çıkacaktır. Fakat gerçekten de bu zar üzerinde mi yaşıyoruz? Uzay-zamanın bir bölgesinde gerçekleşenler hakkındaki bilgiler, Bölüm 2'de açıkladığımız holografi fikrine göre, bölgenin sınırında kodlanmış olabilir. Bu yüzden, belki de, kabarcığın içinde gerçekleşenlerin zar üzerine düşürdüğü gölgeler olduğumuz için dört boyutlu bir dünyada yaşadığımızı sanıyoruz. Bununla birlikte, pozitivist bir bakış açısından, zarın mı yoksa kabarcığın mı gerçek olduğu sorulamaz. Her ikisi de, gözlemleri açıklayan, matematiksel birer modeldir. Bir kişi en uygun modeli kullanmakta serbesttir. Peki zarın dışında ne bulunuyor? Çeşitli olasılıklar vardır (Şekil 7.19):

1. Dışarıda hiçbir şey olmayabilir. Her ne kadar bir kabarcığın dışında su olsa da, bu sadece, evrenin başlangıcını görselleştirmemize yardım eden bir örneksemedir. Sadece, içinde daha fazla boyuta sahip bir uzay, ancak dışında hiçbir şey, boş bir uzay bile bulunmayan bir zardan oluşan matematiksek bir model düşünün. Matematiksel modelin öngörecekleri, dışarıdakilerden bahsedilmeden hesaplanabilir.

2. Bir kabarcığın dış kısmının benzer bir kabarcığın dış kısmına yapıştırıldığı, matematiksel bir model bulunabilir. Bu model aslında, yukarıda sözedilen, kabarcığın dışarısında hiçbir şeyin bulunmaması olasılığına matematiksel olarak denktir. Ancak, aradaki fark, psikolojiktir. İnsanlar; uzay-zamanın kenarında olmaktansa, merkezinde olmayı tercih edecektir. Pozitivist bir kişi için ise 1. ve 2. olasılıklar aynıdır.

3. Kabarcık, kabarcığın içindekileri yansıtmayan bir uzaya

doğru genişliyor olabilir. Bu olasılık, yukarıda bahsettiğimiz iki olasılıktan farklıdır ve daha çok suyun kaynamasına benzer. Başka kabarcıklar da oluşabilir ve genişleyebilir. Eğer çarpışıp içinde yaşadığımız kabarcıklarla birleşirlerse, sonuç felaket olabilir. Büyük patlamanın, zarlar arasındaki bir çarpışmadan oluştuğu bile öne sürülmüştür.

Buna benzer zar dünyası modelleri iyi bir araştırma konusudur. Bu modeller son derece kuramsaldır, ancak gözlemler tarafından sınanabilecek yeni davranış türleri sunar. Kütle çekimin bu kadar zayıf hissedilmesinin sebebini açıklayabilirler. Kütle çekim, temel kuramda oldukça güçlüdür. Ancak kütle çekim kuvvetinin ek boyutlarda yayılması, üzerinde yaşadığımız zardaki büyük uzaklıklarda zayıf olacağı anlamına gelir.

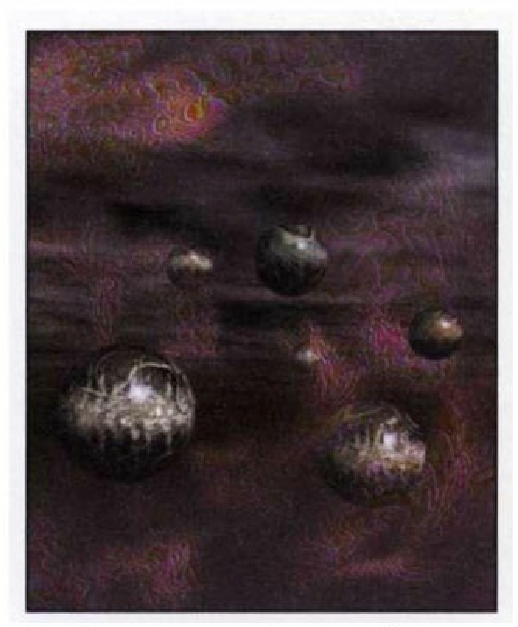
Bunun sonuçlarından biri, Planck uzunluğunun, yani bir kara delik yaratmadan araştırabileceğimiz en küçük uzunluğun dört boyutlu zarımızdaki kütle çekim zayıflığından kaynaklanan uzunluğa göre daha büyük olmasıdır. En küçük matruşka o kadar da küçük olmayabilir ve belki de geleceğin parçacık hızlandırıcıları ona erişebilir. Eğer A.B.D. 1994'te parasızlık hissine kapılmasaydı ve yarı yarıya inşa edildiği halde SSC'yi (Superconducting Super Collider - Süper İletken Süper Çarpıştırıcı) iptal etmeseydi, aslında en küçük bebeği, yani temel Planck uzunluğunu önceden keşfetmiş olabilirdik. Cenova'daki LHC (Large Hadron Collider — Büyük Hadron Çarpıştırıcısı) gibi başka parçacık hızlandırıcıları günümüzde inşa ediliyor (Şekil 7.20).



I. İçinde daha fazla boyuta sahip bir uzay bulunan, dışında ise hiçbir şey bulunmayan bir zar/kabarcık.

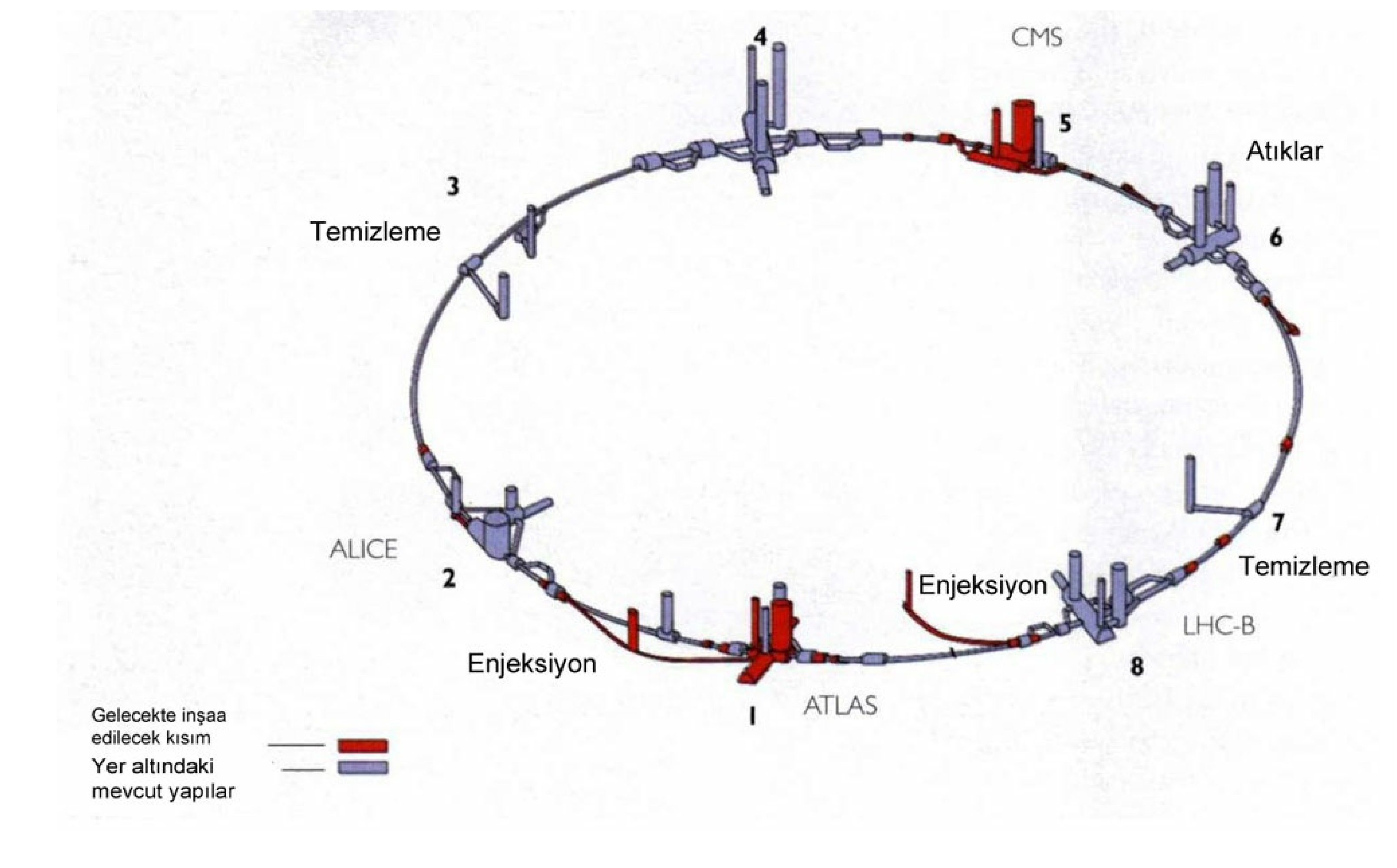



2. Zarın/kabarcığın dışının, başka bir kabarcığın dışına yapıştırıldığı bir olasılık.



3. Bir zar/kabarcık, içindekini yansıtmayan bir uzaya doğru genişliyor. Böyle bir senaryoda, kabarcıklar da oluşabilir ve genişleyebilir.

**Şekil 7.19**




**Şekil 7.20**

*İsviçre, Cenova'daki LHC'nin mevcut altyapısını ve gelecekte inşa edilecek kısımlarını gösteren LEP tüneli planı.*

Onlarla ve kozmik mikrodalga fon radyasyonu gibi başka gözlemlerle, bir zar üzerinde yaşayıp yaşamadığımızı belirleyebiliriz. Eğer bir zar üzerinde yaşıyorsak, bunun sebebi herhalde, antropik ilkenin, M kuramı tarafından imkan tanınan engin zar dünyası modelleri arasından seçim yapmasıdır. Shakespeare in Fırtına (The Tempest) eserinden, Miranda'nın sözlerini şöyle uyarlayabiliriz:

*Ey yepyeni zar dünyası.*
*İçinde öyle yaratıklar var ki*

işte bu ceviz kabuğundaki evren.

